

VALENCIA

| 2015

DOCUMENTO I: MEMORIA

DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORAS DE PROCESOS PRODUCTIVOS Y LOGÍSTICOS EN UNA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE MATERIAL ELÉCTRICO (SCHNEIDER ELECTRIC)

AUTOR:

ESTHER HERRANZ ROIG

TUTOR:

JULIO JUAN GARCIA SABATER

ÍNDICE DOCUMENTO MEMORIA

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Introducción.....	1
1.2 Objeto del trabajo.....	2
1.3 Antecedentes.....	2
1.4 Composición del trabajo	3
1.5 Justificación.....	3
CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	4
2.1 Introducción.....	4
2.2 La empresa.....	4
2.2.1 Historia de Schneider Electric	4
2.2.2 Schneider Electric España.....	5
2.2.3 Schneider Electric Meliana	5
2.3 Schneider ProductionSystem (SPS).....	6
2.4 Productos.....	7
2.4.1 IDTIM y SURYA.....	8
2.4.1.1 Kits	9
2.4.1.2 Bobinados	10
2.5 Distribución en planta.....	10
CAPÍTULO 3: BASES TEÓRICAS.....	12
3.1 Introducción.....	12
3.2 Lean Manufacturing.....	12
3.2.1 Principios y estructura.....	12
3.2.2 El sistema Toyota	14
3.2.3 Los 7 desperdicios	15
3.2.4 Herramientas Lean	16
3.3 SupermercadosKanban.....	19
3.3.1 Ventajas e inconvenientes del Kanban	21
3.3.2 Dimensionamiento teórico del Kanban.....	23
3.3.3 Sistema de tarjetas Kanban de colores	24
3.4 Estrategia de producción	24
3.4.1 Fabricación contra pedido.....	25
3.4.2 Fabricación contra stock	26
3.4.3 Fabricación mixta	26
CAPÍTULO 4: DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS Y ANÁLISIS	27
4.1 Introducción.....	27
4.2 Diagnóstico de la situación actual	28
4.3 Justificación.....	30
4.3.1 Schneider Production System (SPS)	30
4.3.2 Roturas de stock.....	31
4.4 Conclusión.....	33

CAPÍTULO 5: CÁLCULO E IMPLANTACIÓN DE KANBAN	34
5.1 Introducción.....	34
5.2 Proceso de implantación	34
5.2.1 Identificación de componentes.....	34
5.2.2 Cálculo Kanban	36
5.2.3 Soluciones a la limitación de espacio	39
5.2.4 Localización definitiva de los supermercados.....	43
5.2.5 Distribución en las estanterías	45
5.2.6 Diseño del sistema visual	49
5.2.7 Tarjetas Kanban.....	53
5.2.8 Descripción del modo de trabajo con tarjetas Kanban	54
5.2.9 Aplicación informática.....	56
5.3 Temporalización de la ejecución.....	58
5.4 Conclusión.....	60
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES	61
6.1 Futuras líneas de trabajo	61
6.1.1 Seguimiento continuo	61
6.1.2 Propuesta de distinción de referencias MTO.....	62
6.2 Conclusiones	63
BIBLIOGRAFÍA	65

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

Con motivo de completar la titulación de Grado de Ingeniería de las Tecnologías Industriales con una formación añadida al realizar unas prácticas en empresa, el siguiente Trabajo Final de Grado estará basado en la experiencia obtenida durante los meses de trabajo en un entorno laboral. Concretamente, desde un puesto del departamento de Proyectos en colaboración con los departamentos de Gestión y Métodos. La razón social de la empresa de donde se basará este trabajo es Schneider Electric, radicada en la provincia de Valencia.

Schneider Electric S.A es un grupo internacional francés, con sede en Rueil-Malmaison (Francia), presente en más de 100 países y con más de 150.000 empleados, que se dedica a la fabricación de productos de gestión de electricidad y automatismos, alcanzando unos ingresos anuales de alrededor de unos €20.000 millones.



Figura 1.1: Imagen corporativa del grupo

En España, Schneider Electric cuenta con 9 centros de producción distribuidos por toda la geografía peninsular, desde los que se diseña, se desarrolla y se produce el catálogo de productos y servicios que la compañía presenta al mercado; además de un centro logístico ubicado en Sant Boi de Llobregat (Barcelona), que distribuye a toda la zona Ibérica y a otros 50 países. También cuenta con 6 direcciones regionales y 49 delegaciones comerciales.

Actualmente, Schneider Electric España con su sede corporativa en Barcelona y sus más de 3800 trabajadores, genera unos €1000 millones en facturación anual. Cabe añadir, que más de la mitad de las instalaciones eléctricas en nuestro país están equipadas con sistemas de distribución eléctrica fabricados por Schneider Electric.

Hace unos años, el grupo presentó la línea Acti 9, su quinta generación de sistemas modulares, considerados como los productos con mayor valor añadido, escogiendo al centro de producción de Meliana (Valencia) para fabricar algunos de estos aparatos.

Schneider Electric Meliana, fundada en 1860, cuenta con una superficie de 44.507m², una plantilla de alrededor de unos 500 empleados trabajando a 2 y 3 turnos, y una facturación de unos €90 millones anuales.

1.2 OBJETO DEL TRABAJO

El objetivo del trabajo es la utilización de herramientas de producción ajustada para llevar a cabo una serie de mejoras en el proceso productivo y logístico de la línea de producción con mayores volúmenes de ventas de la fábrica en la que se va a desarrollar el siguiente Trabajo Final de Grado.

En estos documentos se detallará todo el proceso que se siguió durante el proyecto 'Supermercado Kanban IDTIM & SURYA', objeto de este estudio. Siendo el Kanban una técnica muy utilizada en el denominado Lean Manufacturing, que consta de un dimensionamiento, en base a consumos, de estanterías en las que se almacenarán los productos seleccionados.

Con ello, se pretende conseguir una reducción y control del inventario tanto físico como informático. Además, la incorporación del supermercado gestionado por Kanban agilizará el proceso productivo debido a la creación de flujo y por consiguiente, a la reducción del tiempo de fabricación. Esto promoverá una mayor rapidez de respuesta a los pedidos de clientes así como mayor estabilidad a nivel de proceso.

En definitiva, la implantación del proyecto busca mejorar la eficiencia de procesos, aumentar la productividad de la fábrica y mejorar la satisfacción de todos los implicados en la cadena, desde operarios hasta los propios clientes finales.

1.3 ANTECEDENTES

Como consecuencia de un gran incremento en los pedidos que han experimentado todos los productos de las líneas IDTIM y SURYA, ya que estas pertenecen a una generación de productos emergentes, y por lo tanto novedosos, se ha considerado la necesidad de implantar un supermercado Kanban de productos semi-elaborados.

Esto cuenta con el apoyo del Schneider Production System, filosofía Lean por la que se rige la empresa, la cual propone la existencia de este sistema para una mejor fluidez del proceso productivo. Además, un estudio previo de las roturas de stock de la fábrica, también concluyó que gran parte de ellas en dicha línea eran causadas por un retraso de la producción, que con la creación del supermercado se podría evitar.

Como ayuda, la empresa cuenta con la experiencia que obtuvo de proyectos similares, donde se implantaron supermercados en otras dos líneas, aunque estos eran de menores dimensiones debido a no tener tal volumen de subconjuntos de fabricación manual. Con el éxito obtenido, la empresa tiene la confianza de emprender este nuevo reto en una línea en auge y consolidar el proceso de producción a un nivel óptimo.

1.4 COMPOSICIÓN DEL TRABAJO

Los documentos en los que se divide de trabajo realizado son los siguientes:

- **Memoria descriptiva:** Compuesta por los capítulos enumerados a continuación, recoge el planteamiento y la evolución del trabajo, la metodología y las herramientas utilizadas para llevar a cabo el siguiente TFG.
 - **Capítulo uno:** Se procede a contextualizar el trabajo justificando su realización y mencionando las líneas de investigación dentro de las cuales se ubica.
 - **Capítulo dos:** Se realiza una descripción la empresa, profundizando en el área que posteriormente se analizará.
 - **Capítulo tres:** Explicación en detalle del Lean Manufacturing, así como de las fórmulas que posteriormente se utilizarán.
 - **Capítulo cuatro:** Se hablará detalladamente del diagnóstico del problema inicial que sugiere la necesidad de llevar a cabo el siguiente TFG.
 - **Capítulo cinco:** Exposición de los pasos seguidos durante todo el proceso de implantación.
 - **Capítulo seis:** Se detallarán un serie de mejoras propuesta a realizar para la mejora de la evolución del proyecto
 - **Bibliografía:** Listado de libros y documentos consultados para la realización del presente Trabajo Final de Grado.
- **Anexos:** Representaciones visuales la estantería y de los paneles visuales Kanban.
- **Planos:** Planos de la empresa que facilitarán la visualización de lo que se estudia.
- **Presupuesto:** Evaluación económica del coste de llevar a cabo el objeto de este Trabajo Final de Grado.

1.5 JUSTIFICACIÓN

La justificación detrás de este Trabajo Final de Grado se fundamenta en dos aspectos diferenciados. Por un lado, la obtención del título de Grado de Ingeniería en Tecnologías Industriales demostrando los conocimientos adquiridos a lo largo de la titulación. Y por el otro lado, la empresa pretende conseguir la mayor rentabilidad económica de este proyecto así como la mejora de la satisfacción por parte de sus clientes.

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se va a describir el contexto en el que se encuentra la empresa, comenzando por la fundación de Schneider Electric hasta llegar a concretar en la planta en la que se centra el siguiente trabajo. Será necesario comentar acerca de su filosofía, estrechamente vinculada al Lean Manufacturing y describir de forma general sus productos, profundizando con más detalle en aquellos en estudio, de los cuales se describirá las diferentes gamas y los subconjuntos por los que están compuestos, para un mejor entendimiento del posterior análisis.

2.2 LA EMPRESA

2.2.1 Historia de Schneider Electric

En el año 1836, los hermanos Schneider adquirieron Creusot-Loire, forjas y fundiciones, ganando la oportunidad de participar en la Revolución Industrial, siendo sus principales mercados el acero, el hierro, la maquinaria pesada y la construcción de barcos. Más tarde, en 1870, debido a la introducción de nuevos procesos del hierro a bajo coste, Schneider innovó en la producción de hierro y acero, y rápidamente se convirtió en uno de los principales fabricantes de armas de Europa, desempeñando un papel fundamental en la Primera Guerra Mundial. A finales de este mismo siglo, Schneider empezó a adentrarse en el mercado emergente de la electricidad cuando se asoció a Westinghouse, uno de los principales grupos eléctricos internacionales. El grupo amplió su actividad a la fabricación de motores eléctricos, equipos para centrales eléctricas y locomotoras eléctricas. Pero no fue hasta acabada la guerra cuando abandonó los armamentos, y convirtió la electricidad en su actividad principal.

Entre 1981 y 1999 Schneider siguió centrándose en la industria eléctrica separándose de sus actividades no estratégicas. A esta política se le dio forma mediante el lanzamiento de ambiciosas estrategias de adquisiciones de las siguientes empresas:

- Merlin Gerin (1986): marca mundial líder en equipos de distribución eléctrica.
- Telemecanique(1988):especialista en control y automatización de procesos y maquinas industriales.
- Square D (1991): sus productos y sistemas están presentes en todos los sectores de actividad, desde interruptores automáticos hasta sistemas de monitoreo y control.
- Lexel (1999): segunda empresa europea en distribución eléctrica.

Tras la consolidación del grupo en el sector eléctrico y su nueva estrategia de crecimiento acelerado y competitividad, en Mayo de 1999, pasó a llamarse **Schneider Electric**.

En la primera década del siglo XXI, el grupo se posicionó en nuevos segmentos de mercado: suministro de energía ininterrumpido, control de movimiento, automatización y seguridad de edificios.

2.2.2 Schneider Electric España

Con la adquisición de Manufacturas Metálicas Madrileñas S.A, en el año 1953, Telemecanique aseguraba la presencia de sus productos en el mercado español. Sin embargo, la introducción en el mercado nacional se vio rodeada de grandes problemas debido al alto proteccionismo estatal.

Con tal de superar estos problemas, surgió la unidad de producción de Burlada (Navarra) con una localización geográfica estratégica, ya que se situaba como punto intermedio entre la sede central de Madrid y la sede central de las restantes unidades de producción de Francia, con el fin de facilitar las comunicaciones por carretera. En esta planta, los productos se fabricaban y montaban de forma íntegra para su consumo en el mercado español. Una vez superada las trabas iniciales, la introducción en el mercado español fue rápida, llegando a poseer 12 delegaciones regionales y una red de distribuidores especializados con más de 180 puntos de ventas extendidos a lo largo del territorio nacional.

Tras las adquisiciones por parte de Schneider de Telemecanique y Merlin Gerin, las diferentes plantas ubicadas en la península se fusionaron bajo el nombre de Schneider Electric España en el año 1994.

2.2.3 Schneider Electric Meliana

Construida en una antigua fábrica de cerámica, en los años 80 nació Merlin Gerin en España, fruto de la adquisición de Gardy, dedicada a la fabricación de porcelana para equipamiento eléctrico, siendo en los 90 cuando esta fábrica comenzó a operar bajo el nombre Schneider Electric Meliana.



Figura 2.1: La fábrica en 1900

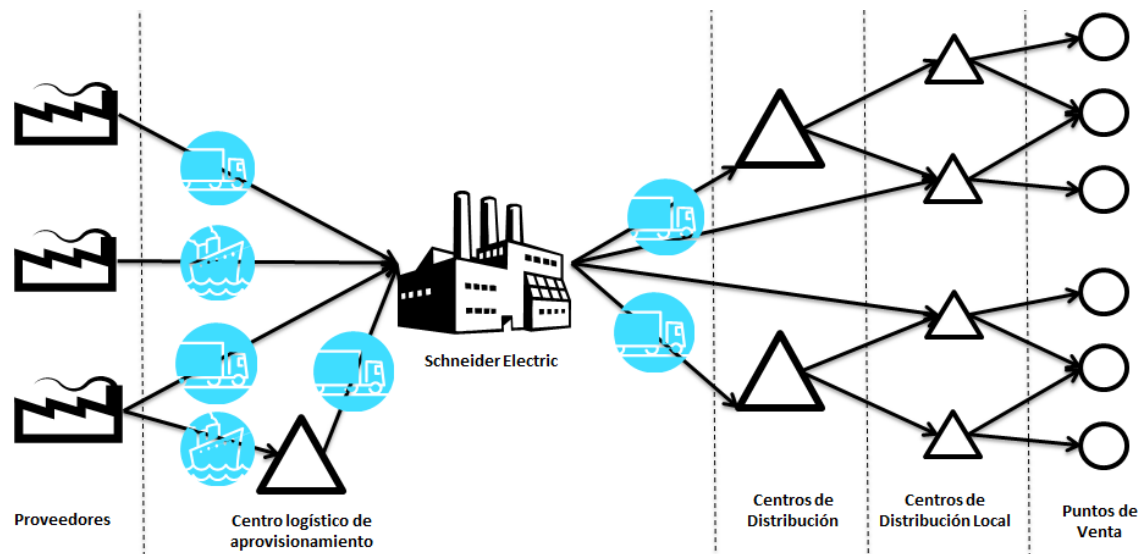
Imagen tomada del sitio

AmasseraAntiga: <http://www.almasseraantiga.es/2014/05/mosaico-nolla-de-despues-gardy-ahora.html> (Fecha de consulta: 03 de febrero de 2015)

En la actualidad, Schneider Electric Meliana se dedica a la fabricación de componentes eléctricos de Baja Tensión, especializada en interruptores diferenciales e interruptores magnetotérmicos, además del montaje de bandejas para conductores eléctricos.

En los últimos 3 años, Schneider Electric ha invertido en su planta de Meliana más de 20 millones de euros en nuevas líneas de producción para la fabricación de la 5ª generación de aparatos denominada Acti9, que comprende toda una nueva gama de sistemas de distribución eléctrica en los campos de la protección, control e instalación. Esta línea es la primera diseñada para facilitar la comunicación con sistemas de gestión y supervisión de edificios, además es respetuosa con el medio ambiente y está fabricada con materiales 100% reciclables y reduce hasta un 20% las pérdidas por calentamiento.

La planta de Meliana cuenta con el siguiente sistema distribución:



*Figura 2.2: Cadena Suministro Schneider Electric Meliana
Imagen tomada de la documentación de Schneider Electric*

Como muestra la figura 2.2, SE Meliana se abastece de dos formas, directamente de sus proveedores, pudiendo ser internos (pertenecientes al grupo Schneider) o externos, o mediante su centro logístico de aprovisionamiento. Aguas abajo, una vez empaquetados los diferentes productos, la planta los envía a sus cuatro centros de distribución, situados en España, Francia, Hungría e Italia, que distribuyen a su vez a unos centros de distribución locales, y estos envían los productos a los puntos de venta donde los clientes finales pueden adquirirlos.

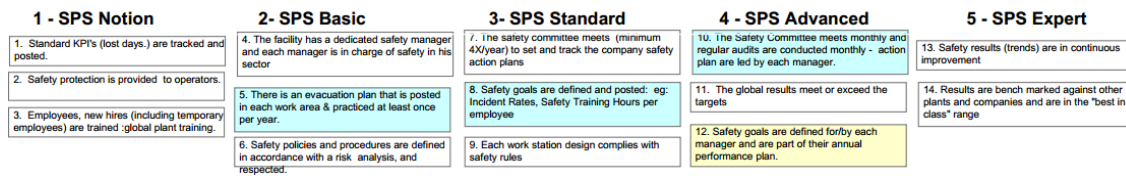
2.3 SCHNEIDER PRODUCTIONSISTEM (SPS)

El Schneider Production System es la filosofía global de la empresa. Este sistema está basado en los principios del Lean Manufacturing que fueron introducidos por primera vez en el Toyota Production System, del cual se hablará en el Capítulo 3.

Schneider cuenta con un manual SPS, donde se contemplan los tres pilares en los que se fundamenta, estos son:

- el compromiso de los empleados
- la ingeniería de producto y proceso
- la producción y logística

En dicho manual, se desarrollan cada una de estos temas, dividiéndose en diferentes secciones de una tabla estructurada que va aumentando su complejidad de forma progresiva (véase la figura 2.3). De esta forma, se establece un sistema de control, atribuyendo niveles donde cada fábrica puede medirse para ver su grado de implicación en la filosofía de mejora continua.



*Figura 2.3: Extracto genérico del manual SPS
Imagen tomada de la documentación de Schneider Electric*

Para lograr su cometido, el grupo implica, de forma muy activa, a todas sus plantas a colaborar en el cumplimiento de las herramientas del SPS. Para ello, se hacen auditorías internas, cada 3 o 4 años, y comprueban en qué nivel del manual se encuentran. Estos resultados se hacen públicos para todas las plantas, contribuyendo a la motivación por rivalizar unas con otras, y a la vez poder compartir ideas de mejora.

2.4 PRODUCTOS

Los productos que Schneider Electric Meliana pone a disposición del mercado se pueden clasificar bajo dos categorías. Por una parte, *LifeSpace* engloba todos aquellos obtenidos a partir de procesos de moldeo, perfilado, punzonado y extrusión. Mientras que *Final Distribution*, engloba la actividad principal de la planta, los componentes eléctricos de Baja Tensión.

LifeSpace cuenta con el PVC y el acero como sus principales materiales y de ellos se obtiene las bandejas para el cableado y canalizaciones, además de cajas de toma de luz. Esta línea de producción alcanza un volumen de 4300 unidades al año ofertadas en su mayoría al mercado nacional.

Final Distribution cuenta con 9 líneas de producción de donde se obtienen, a su vez, diferentes gamas de producto para las distintas necesidades del mercado a nivel mundial. Entre sus líneas de producción se encuentran:

- **RCBO:** perteneciente a la generación Acti9, es una de las líneas de mayor producción de Meliana. De esta se obtienen aparatos que combinan tanto protección diferencial como magnetotérmica, llegando a un calibre de hasta 40V. Debido a esto, se utilizan indistintamente en industria y vivienda. Actualmente, la mayor parte de su producción se exporta al extranjero para su consumo en vivienda.
- **ID:** sus interruptores diferenciales convencionales son parte de una de las líneas más antiguas, operando desde la puesta en marcha de la fábrica, cumpliendo los 20 años en el mercado. Perteneciente a una de las primeras generaciones de aparatos (Multi9) y aunque llegó a ser líder en ventas, con los años está disminuyendo su volumen de producción debido a nuevos aparatos de más reciente tecnología.
- **IDTIM:** es la línea que pretende reemplazar a la línea ID. En esta se produce el mismo aparato pero con componentes más modernos, pertenecientes a la 5ª generación

- Acti9. La línea lleva 5 años en el mercado, y su volumen de ventas, ha aumentado de forma exponencial hasta al alcanzar un nivel similar a la línea sustituida.
- **SURYA:** esta línea nacida hace 2 años surgió para suplir una carencia de la línea IDTIM en el mercado de Europa del Norte, especialmente Alemania, donde se utilizan aparatos biconectables.
 - **QPN:** los aparatos de esta línea tienen la misma estructura que los de la RCBO, pero sin la parte de protección térmica, ya que mediante unos enganches se le puede acoplar otro aparato de protección térmica de mayor calibre que aumente sus prestaciones. Estos aparatos están dirigidos únicamente a la industria.
 - **AFDD:** esta línea se centra en la producción de aparatos contra incendios. Este accesorio identifica cuando existe un mal contacto en la línea y actúa antes de que se produzca un posible incendio. Esto no protege la línea eléctrica, solo evita incendios.
 - **PACTIM:** esta línea junto con la TELETIM forman la gama de aparatos electrónicos que comercializa Schneider Electric Meliana. Ambas líneas son aparatos de telecomando, aparatos que mandan una señal a un autómata para poder actuar en instalaciones donde físicamente no hay personas, como estaciones de esquí en alta montaña. En concreto, a los aparatos PACTIM se les puede asociar cualquier otro aparato Acti9, para hacerlos actuar a distancia.
 - **TELETIM:** estos, a diferencia de los PACTIM, no se le puede asociar ningún producto, teniendo solo protección magnetotérmica y con la funcionalidad de rearme automático.

2.4.1 IDTIM y SURYA

Ambas líneas de interruptores diferenciales están compuestas de exactamente la misma tecnología. Como única diferencia se tiene que los productos SURYA son biconectables, es decir, que su parte inferior tiene un segundo puerto de conexión que permite puntear conexiones. Tanto una familia como otra cuentan con productos bipolares y tetrapolares para ofrecer al demandante una alternativa según las fases que necesite conectar.



*Figura 2. 4: Interruptores diferenciales IDTIM/SURYA
tetrapolar (izda.) y bipolar (dcha.)
Imagen tomada de la documentación de Schneider Electric*

Estas dos líneas están integradas por distintas gamas de producto, donde se atienden las especificaciones técnicas. De esta manera se puede dotar el diferencial con la tecnología necesaria para cubrir la demanda específica de de cada sector. Por orden de utilización se tienen:

- **AD:** Dotados de disparo directo clase AC.
- **CSP:** Dotados de disparo clase A, contienen además una plaqueta electrónica capaz de filtrar disparos intempestivos.
- **ACCU:** Diferencial súperinmunizado, más restrictivo que el CSP a la hora de filtrar disparos.
- **MARINA:** Gama más reciente pero con gran auge, son productos híbridos entre CSP y ACCU, creados para su utilización en los ambientes más corrosivos como pueden ser los barcos.
- **INNA:** Este no es un diferencial al uso. Es fabricado en estas líneas debido a que estéticamente son iguales, pero esta gama carece de bobinado, por lo que sus conexiones se realizan de forma directa. Sirve para actuar como contacto al asociarse a otro producto.

A continuación se presentarán los kits y los bobinados, dos de los subconjuntos que forman los productos acabados de las líneas IDTIM y SURYA. Estos serán descritos brevemente para una mayor comprensión para el lector a lo largo del presente documento debido a que serán los componentes que se almacenen en el supermercado implantado en el siguiente proyecto.

2.4.1.1 Kits

Un kit es el subconjunto por el que están compuestos todos los interruptores de ambas familias, diferentes en cuanto a las características según la gama a la que vayan a pertenecer. Está formado por una serie de piezas, como son el terminal de conexión, el recubrimiento de plástico posterior, el circuito test y el toro bobinado, que son ensambladas a mano en las células de la línea.



*Figura 2.5: Kit IDTIM/SURYA
Imagen tomada de la documentación de Schneider Electric*

Debido a la alta demanda y por motivos de coste, existen algunas referencias dentro de la gama AD que son subcontratadas. De esta manera, el kit llega montado directamente y es ubicado en el almacén, siendo el pequeño tren el encargado de suministrarlo a la línea cuando este es demandado.

2.4.1.2 Bobinados

El toro bobinado, también ensamblado a mano, está formado por un núcleo de níquel-hierro, un bobinado primario y un hilo secundario conectado a una plaqueta. Este mecanismo es la parte fundamental de cualquier diferencial ya que es el encargado de detectar una diferencia de potencial entre fases, transfiriendo hasta la plaqueta la corriente de defecto que será la encargada de abrir el relé que dispara el interruptor.



*Figura 2.6: Bobinado IDTIM/SURYA
Imagen tomada de la documentación de
Schneider Electric*

Exceptuando la gama INNA, todos los productos están compuestos por un bobinado, el cual también está fabricado en un taller diferente al de kits.

2.5 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Las líneas de producción IDTIM y SURYA, situadas de forma contigua, se extienden a lo largo de la parte central de la fábrica, donde se encuentran rodeadas por otras líneas que por motivos de relevancia han eliminadas del documento de Planos.

El flujo productivo de la línea de montaje sigue la flecha azul, mostrado en la figura 2.7, comenzando en el extremo derecho de la fábrica hasta llegar a su parte central, siendo el último proceso el de empaquetado. Se tiene la misma disposición en las diferentes líneas de la fábrica para así acabar todas en la zona de expediciones, haciendo su transporte hasta los camiones de la forma más rápida.

Concretamente, la siguiente figura muestra la distribución de las líneas en estudio, distinguiéndola por las zonas a las cuales se hará referencia a lo largo de la Memoria. Como se puede observar, la zona *células kits* se encuentra al principio de la línea, siendo el ensamblaje de los kits un proceso situado aguas arriba de la cadena de producción.

Sin embargo, con la introducción de la línea de producción SURYA y debido a una falta de espacio, los bobinados fueron trasladados a la zona ahora denominada *taller bobinados*. Para que esta distribución no afectara negativamente al flujo productivo, se colocó una estantería para su almacenamiento en la zona *células kits*. Siendo el pequeño tren el encargado de transportar los bobinados, una vez ensamblados, a su correspondiente estantería de almacenaje cerca de su proceso posterior, para tenerlos a su disposición en el momento en que estos fueran requeridos.

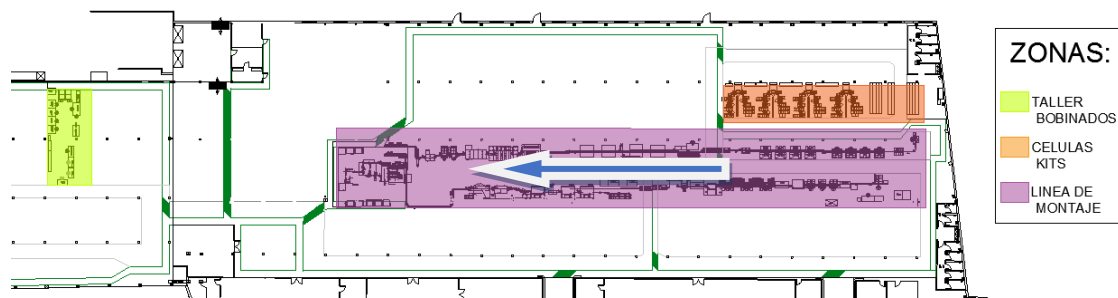


Figura 2.7: Extracto Plano 1 -representación líneas IDTIM y SURYA por zonas

Será bajo la zona denominada *células kits*, donde de forma inicial se sitúan las estanterías que nos servirán de supermercado Kanban en el Capítulo 5 y que durante este se aumentará a la zona *taller bobinados*.

El pequeño tren, también denominado MPH, es el encargado de suministrar los materiales necesarios por la línea desde el almacén. Existen varios trenes, que recorren la fábrica por sus respectivas rutas predeterminadas. El Plano 2 muestra la ruta que afecta a las líneas IDTIM y SURYA, ya que aparte de suministrar las piezas componentes, también será suministrador de algunos de los kits gama AD procedentes de subcontratación. Es debido a esto que el tren se convierte en pieza clave en el posterior análisis al ser necesarios sus datos de frecuencia de paso para dimensionar el supermercado de los kits subcontratados.

CAPÍTULO 3: BASES TEÓRICAS

3.1 INTRODUCCIÓN

Toda empresa que trabaje bajo la filosofía Lean debe considerar de gran importancia los conceptos en los que se basa este sistema y tratar de implementar sus herramientas de forma precisa. Nacida en el sector automovilístico, con el paso del tiempo esta filosofía se ha ampliado a diferentes tipos de industria, y de forma reciente a distintos sectores como el sanitario. Esto hace que su método de trabajo se haya flexibilizado, creando múltiples variantes.

Con tal de clarificar su ideología, a continuación se expondrán aquellos puntos básicos del Sistema Lean Manufacturing, haciendo especial hincapié en el Kanban objeto de estudio de este Trabajo Final de Grado.

3.2 LEAN MANUFACTURING

El Lean Manufacturing es un concepto introducido en occidente en 1991. Esta filosofía nació del sistema de producción JIT (*Just in Time*) que fue desarrollado por primera vez en Toyota a principios de siglo. Taiichi Ohno, fundador del Toyota Production System (TPS) se basó en el sistema Ford e incorporó otras técnicas con las cuales estableció las bases de este nuevo sistema de gestión que años más tarde revolucionó el sector industrial de occidente.

Este concepto, también denominado producción ajustada, simplemente significa creación de valor añadido a partir de menores recursos. La filosofía Lean entiende el valor del cliente y se centra en la mejora de sus procesos de forma continua y tiene como finalidad la creación de una cadena de valor perfecta con cero desperdicios. La eliminación de desperdicios a lo largo de la cadena, en lugar de en puntos aislados, permite crear procesos que requieren menos esfuerzo humano, menos espacio, menos capital, menos tiempo de producción y con menores defectos en comparación con los sistemas tradicionales de negocios. Con la práctica de esta filosofía, las empresas serán capaces de responder a la demanda cambiante, con una alta calidad en sus productos y a bajos coste, convirtiendo la gestión de la información en un proceso simple y preciso.

3.2.1 Principios y estructura

Son cinco los principios en los que se basa el Lean Manufacturing, y que a la hora de fabricar pueden mejorar el rendimiento operativo, centrándose en el flujo ininterrumpido de productos y materiales a través de la cadena de valor. Estos 5 principios son:

1. **Valor:** Destaca todo aquello que crea valor para el cliente.
2. **Cadena de valor:** Identifica la cadena de principio a fin y destaca aquellos puntos dentro de la cadena que añadan valor al producto.
3. **Creación de flujo:** Favorece el flujo, que de forma ideal será el unitario. Mediante la eliminación de desperdicios se conseguirá alcanzar un flujo más rápido y efectivo.

4. **Producir según la necesidad del cliente:** Deja que sea el cliente quien tire del flujo con el objetivo de producir siempre lo necesario.
5. **Mejora continua:** Busca siempre la perfección en todos tus trabajos, esforzarse por buscar una mejora siempre vendrá acompañada de un paso más hacia la meta.
"Ninguna máquina o proceso llegará a un punto a partir del cual no se puede seguir mejorando" (Sakichi Toyoda, 1890).

El alcance del Lean Manufacturing hace especial referencia a la eliminación de desperdicio mediante la aplicación de numerosas técnicas que se describirán en los siguientes apartados. Sus dimensiones son muchas, pero estas se pueden explicar de forma más sencilla mediante la representación de la casa TPS, figura 3.1, constituida por un sistema estructural que solo es fuerte si sus cimientos y columnas lo son. Además, el Lean supone un cambio en la cultura de cualquier organización, donde el factor humano es de vital importancia. Un alto compromiso por parte de la dirección, formación a todos sus empleados y fomentar la comunicación serán imprescindibles para llevar a cabo esta filosofía

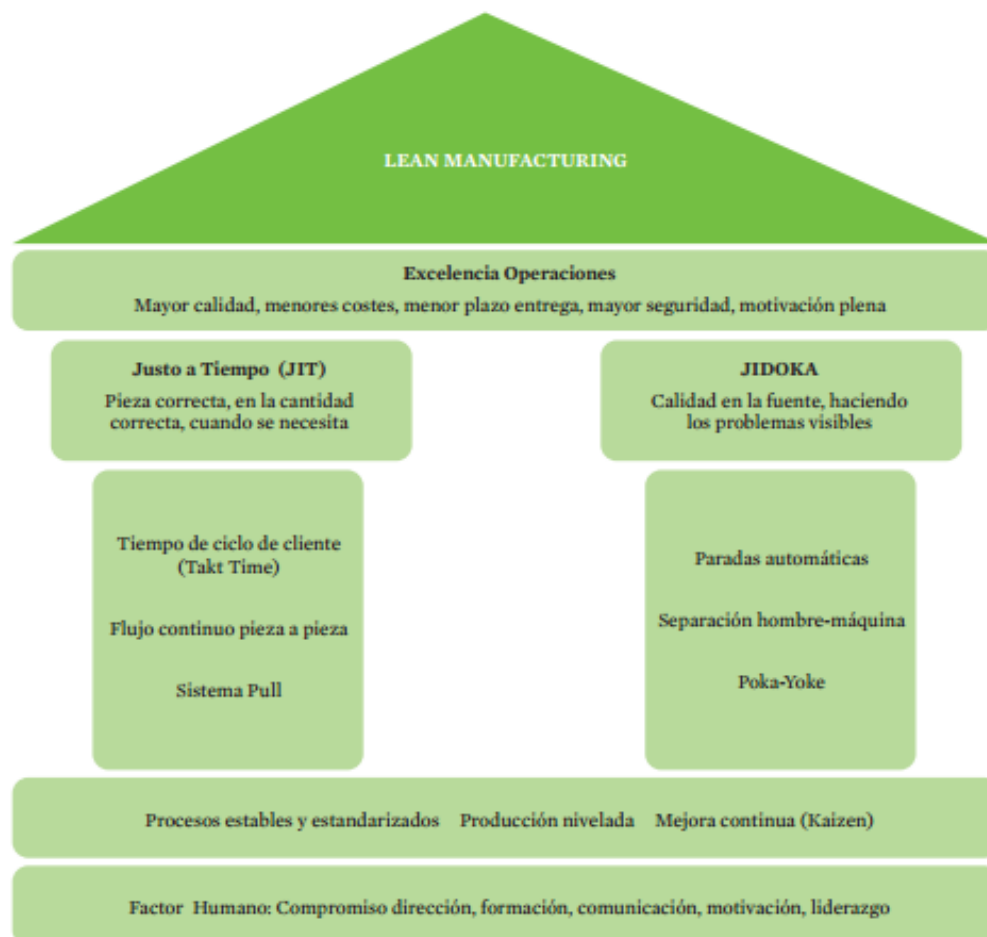


Figura 3.1: Casa Toyota Production System
Hernandez Matías, J.C. y Vizán Idolpe, A. (2013)

3.2.2 El sistema Toyota

La filosofía del sistema de producción de Toyota está basada en una cultura de fabricación de mejora continua basada en una serie de normas destinadas a la eliminación de desperdicio donde se anima a colaborar a todos los empleados de la organización.

Hay dos pilares principales en esta filosofía. El más conocido, JIT (justo a tiempo, traducción de Just in Time), tiene como finalidad producir y entregar los productos en la cantidad exacta, en el momento exacto y usando los mínimos recursos necesarios. Su elemento clave es el sistema PULL y mediante él, se consigue reducir inventario y a la vez previene tanto la escasez como la sobreproducción. Además, con esta forma de producción, los problemas salen a la luz ya que ajustando el inventario de piezas al necesario, el proceso parará allá donde exista un problema. Cuando la respuesta de muchas empresas, ante problemas productivos es el aumento de inventario, el Lean propone lo contrario, para así convertirlos en puntos de mejora. Un indicador muy eficaz para medir la eficiencia de este sistema será el TAKT TIME, también denominado pulso o ritmo. Definido como la cadencia a la cual un producto deberá ser fabricado para satisfacer la demanda del cliente, las empresas Lean tendrán que trabajar de manera continua en su reducción.

El segundo pilar es conocido como Jidoka (basado en calidad). Dentro de esta rama existen dos partes diferenciadas. Por una parte crear un proceso que tenga en cuenta la calidad desde el origen y por la otra, permitir a la máquina separarse del hombre. TPS aspira a crear procesos capaces de tomar decisiones de forma inteligente y de esta forma detenerse automáticamente al primer indicio de una condición anormal, como puede ser un defecto u otro problema. Esta función permite detectar defectos y detenerlos aguas abajo del proceso, lo que también ayudará a prevenir accidentes, limitará posibles daños en las máquinas, evitará generar desperdicios y sacará a relucir exactamente de donde proviene el problema para poder actuar sobre él. Aquí es donde incide con la segunda parte del Jidoka. A partir de que las máquinas posean esta capacidad, los operarios no son necesarios para los procesos repetitivos y permitirá también que el trabajo estandarizado aparezca.

Entre los cimientos del TPS está la producción nivelada. Alisar la demanda del cliente a lo largo del tiempo permitirá optimizar la utilización de recursos y asegurará la producción continua. Produciendo un poco de todo cada día ayudará a la fábrica a nivelar los efectos de las fluctuaciones de la demanda. La habilidad de sacar partido de esto se traducirá en cambios de serie más frecuente, lotes más pequeños y reducción del inventario

Como muestra la siguiente figura, para alcanzar una demanda de 1000 unidades, sería necesario un tamaño de lote cada 10 días manteniendo los niveles de inventario en las 500 unidades. Mediante la nivelación de esta demanda, se conseguiría reducir la producción a 100 unidades al día, manteniendo un inventario de 50 unidades capaces de hacer frente a cambios imprevistos.

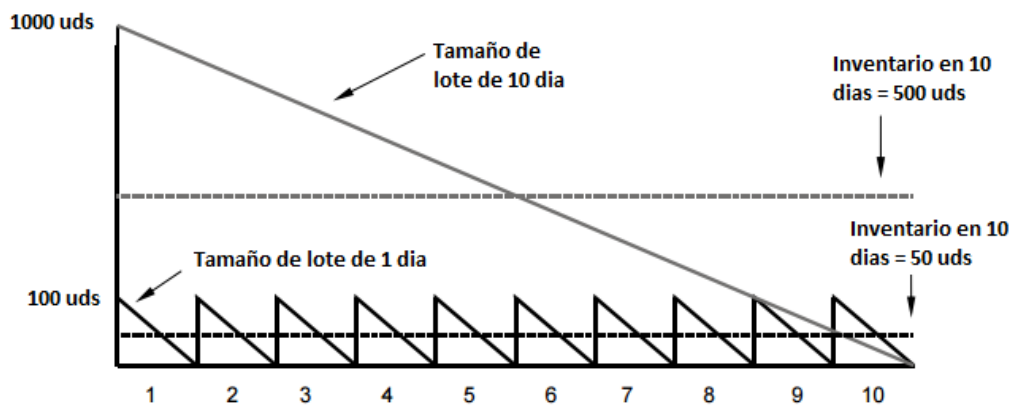


Figura 3.2: Gráfico de producción nivelada
Art of Lean, Inc

Por último, el Kaizen que significa mejora continua, es la estrategia de calidad y gestión de las industrias, tanto a nivel global como individual. Todo ello requiere evaluación constante además de disciplina, y para ello se han creado la 'actividad de círculo Kaizen'. Esta son unas reuniones en las que participan equipos formados por las partes implicadas en un proceso con la finalidad de mejorarlo. Sus ideas, de forma conjunta, tendrán un papel fundamental para atacar problemas críticos desde distintas perspectivas.

3.2.3 Los 7 desperdicios

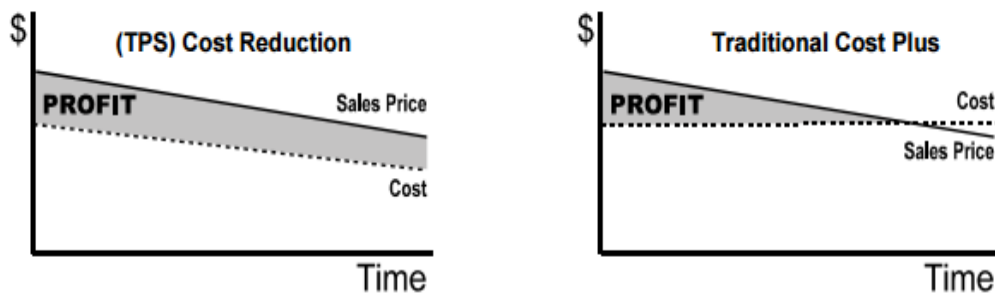
Todo aquello por lo que el cliente no está dispuesto a pagar, es decir, todos aquellos procesos que no añaden valor a nuestros productos son considerados desperdicios. Uno de los objetivos del Sistema de Producción Toyota consiste en localizar los residuos y eliminarlos. Es posible descubrir una cantidad muy grande de residuos mediante la observación a los miembros del equipo, máquinas, materiales y organización en la propia línea de producción. En todos los casos, estos desperdicios nunca añadirán valor al producto, sólo aumentará su coste.

Estos 7 desperdicios son:

- **Inventarios innecesarios:** Éste es el despilfarro que mayores deficiencias esconde; encubrir productos obsoletos y defectuosos, aquellos que necesitan de un mantenimiento o vigilancia constante, crean desajustes de inventario y a la vez generan costes difíciles de contabilizar son algunos de estos. Cuando existe una acumulación de inventario a lo largo de la cadena significa que el proceso no es continuo.
- **Sobreproducción:** Es el resultado de fabricar más cantidad de la requerida o de invertir en equipos y recursos para una capacidad mayor de la necesaria, siendo todos estos grandes despilfarros de inventario y de tiempo a la vez. El material debe pasar al siguiente proceso lo más rápido y fluido posible, las áreas de carga y descarga tienen que ser accesibles y los trabajos de equipo deben estar ubicados cerca.
- **Sobreprocesos:** Operaciones innecesarias, inspecciones o rechazos son el resultado de procesos deficientes. Es imprescindible aprender a identificar los residuos del proceso y llevar a cabo únicamente la cantidad de proceso adecuado sin gastar más tiempo o esfuerzo del estrictamente necesario.

- **Tiempos de espera:** El tiempo es un recurso limitado. Operarios parados mientras otros están sobrecargados de tareas, esperar por materiales o herramientas que no llegan a tiempo o esperar al mantenimiento de una máquina interrumpirá el flujo de la cadena, y a la vez desajustarán el tiempo de entrega al cliente.
- **Transportes innecesarios:** Distribuciones eficientes y diseños sencillos para favorecer el transporte y el flujo de materiales y personas es fundamental.
- **Movimientos sobrantes:** Acciones como girar, levantar, voltear, doblar, alcanzar, buscar son todas innecesarias en un proceso fluido. El sistema debería estar diseñado de manera que estas acciones sean eliminadas por completo, ya que ocupan tiempo y energía que podría estar siendo utilizadas de manera más beneficiosa. Además, estas mismas mejoras que contribuyen a la eliminación de movimientos innecesarios a menudo están fuertemente ligadas a beneficios ergonómicos.
- **Productos defectuosos:** este es el resultado de un sistema de producción de poca calidad. Los procesos productivos deben estar diseñados a prueba de errores para obtener los productos con la calidad exigida. Fabricar con defectos añaden coste al producto debido a la necesidad de incurrir en más mano de obra, materiales y tiempo para corregir el error.

Cuando la empresa consigue crear un proceso productivo óptimo, minimizando los desperdicios y manteniendo solo aquellos trabajos que añaden valor al producto, le permitirá la reducción de sus costes. Como muestra la gráfica de la izquierda, esta bajada hará posible mantener un beneficio a pesar de la reducción del precio de venta de los productos, en contraste con la gráfica de la derecha, en la que la estructura del coste del desperdicio se mantiene fija y esto se verá afectado en una reducción significativa de los beneficios, en el caso de intentar mantener los precios a niveles competitivos de mercado.



*Figura 3.3: La importancia del valor añadido
Art of Lean, Inc.*

3.2.4 Herramientas Lean

Existen numerosas herramientas que proporciona el Lean con propósito de identificar y mejorar todos los procesos dentro de la cadena de producción.

- **VSM:** El Value Stream Mapping, o mapeado de la cadena de valor, es la principal herramienta de diagnóstico de la producción ajustada. Esta técnica permite visualizar de forma gráfica todo el proceso productivo, proporcionando una imagen clara del flujo tanto de materiales como de información y permitiendo la identificación a nivel global de tareas que no agregan valor al proceso.

Es imprescindible reflejar la realidad a la hora de elaborar el esquema, para que los problemas reales salgan a la luz. Para ello, la realización del mapa será con un lenguaje único y deberá recoger una línea de tiempos VA (valor añadido) y NVA (no valor añadido), reflejando esto el potencial de mejora.

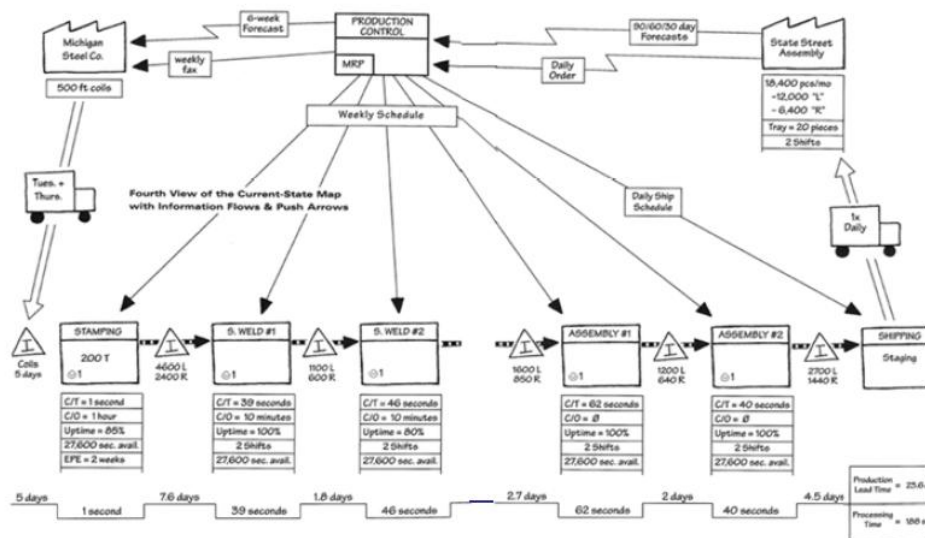


Figura 3.4: Diagrama VSM
Rother M. y Shook J. (2003)

Como parte de las herramientas operacionales nos encontramos con las siguientes:

- **5S:** Seleccionar, ordenar, limpiar, estandarizar y mantener son la traducción de las 5 palabras japonesas comenzadas por 's' en cuyas prácticas está basada esta herramienta de mejora. Esta herramienta se basa en un proceso cuyo desarrollo implica la asignación de los recursos, adaptación a la filosofía de empresa y la motivación del personal y por ser la más sencilla, suele ser la primera en implantarse ya que genera muy buenos resultados en todos los aspectos de manera rápida.

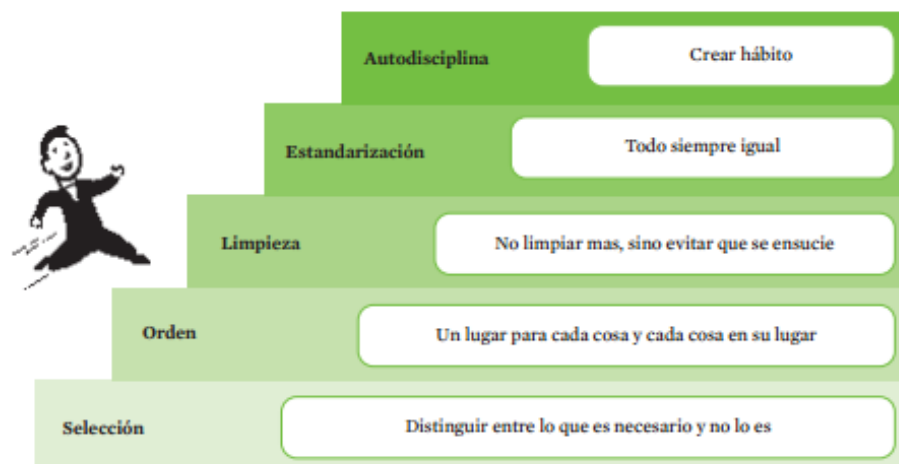


Figura 3.5: Las 5S
Hernandez Matías, J.C. y VizánIdolpe, A. (2013)

- **SMED:** El SMED es el acrónimo de *Single Minute Exchange of Die*, lo que significa 'Cambio de herramienta en menos de 10 minutos'. Este concepto introduce la idea de que cualquier cambio de serie no debería durar más de esos minutos.

La herramienta cuenta con 4 fases:

1. Análisis de la situación
2. Disociación de actividades internas (aquellas que solo pueden realizarse mediante la máquina este parada) de actividades externas (aquellas que son posibles de llevar a cabo cuando la máquina está en marcha)
3. Conversión de las actividades internas en externas
4. Reducción de las actividades a las mínimas necesarias.

Esta técnica trae consigo numerosas ventajas, ya que la reducción de tiempo de cambio de lote conlleva la posibilidad de hacer lotes más pequeños y de esta forma poder fabricar de todo cada día, además de de aumentar la disponibilidad de la máquina y con ello su productividad. Con esto, incurrimos una vez más en todas las mejoras que supone el Lean Manufacturing, como son la reducción del tiempo de espera del cliente, aumento de calidad, etc.

- **KANBAN:** Kanban es una palabra de origen japonés que significa 'etiqueta de instrucción'. Es un sistema de información que controla la producción según las necesidades reales de cliente, tanto en cantidad como en tiempo, basado en un patrón de demanda de producto acabado, siempre que su consumo sea regular y frecuente, a ser posible con desviaciones de demanda baja y alta frecuencia de reaprovisionamiento.

Su modo de funcionamiento es a través de tarjetas equivalentes a la capacidad acordada del sistema. Estas tarjetas son adjuntadas a una parte del trabajo, actuando cada una de ellas como un mecanismo de señalización. Dicha parte del trabajo puede iniciarse solamente cuando una tarjeta está disponible. Esta tarjeta libre es adjuntada a una parte del trabajo y permanece con ese trabajo a medida que fluye a través del sistema. Cuando no hay más tarjetas libres, no se puede iniciar ningún trabajo adicional, es decir, todo trabajo nuevo tiene que esperar en cola hasta que una tarjeta esté libre, creando así un bucle constante.



Figura 3.6: Esquema bucle Kanban
Imagen tomada del sitio: <http://www.kanban-system.com/es/sistema-kanban-y-control-de-inventario-pull/> (Fecha de consulta: 04 de abril de 2015)

Debido a su repercusión en el siguiente trabajo será desarrollado de forma más extendida en el siguiente apartado.

- **TPM:** Mantenimiento preventivo total, del inglés *Total Productive Maintenance*, es otra de las herramientas operacionales que consiste en la eliminación de desperdicios asociados a parones, calidad y costes en procesos industriales a través de la gestión de los equipos y medios para obtener el máximo rendimiento de las máquinas. Este sistema aboga por la implicación de de todo el personal, tanto aquellas destinadas a la reparación de las máquinas como aquellas que las utilizan de forma diaria, logrando que todos participen en su limpieza, cuidado y mantenimiento preventivo para lograr reducir averías, accidentes y defectos.

3.3 SUPERMERCADOSKANBAN

A la hora de desarrollar el sistema Kanban, Taiichi Ohno se inspiró en el sistema de reposición de un supermercado, donde sus estanterías se rellenan con la cantidad exacta de producto por las que el cliente las vacía, una vez son registradas por la caja.

Algo similar ocurre en una industria que funciona con el sistema Kanban, donde los procesos se pueden dividir en partes más pequeñas. A modo de ejemplo hablaremos del sistema de reposición de células, que estará formado por dos partes; siendo la 2ª parte la fabricación de un subconjunto a partir de piezas que durante la 1ª parte se han pedido al almacén a través de una tarjeta Kanban.

Es así como Ohno consiguió desarrollar un método que funcionaba exactamente según el sistema PULL, siendo la demanda del cliente lo que generaba las necesidades de reposición. De esta forma, las órdenes de aprovisionamiento siguen un camino inverso:

Cliente → 2ª Parte → 1ª Parte → Proveedor → Materia prima

En la fabricación industrial, es necesario tener en cuenta que existen procesos denominados cuellos de botella que funcionan de forma más lenta y que precisan de cambios de serie para cubrir la demanda de las distintas gamas de una misma familia. Por otro lado, también se tienen procesos que se llevan a cabo fuera de las instalaciones por diversos motivos. Debido a esta dificultad de crear un flujo unitario, surgen como imprescindibles los supermercados.

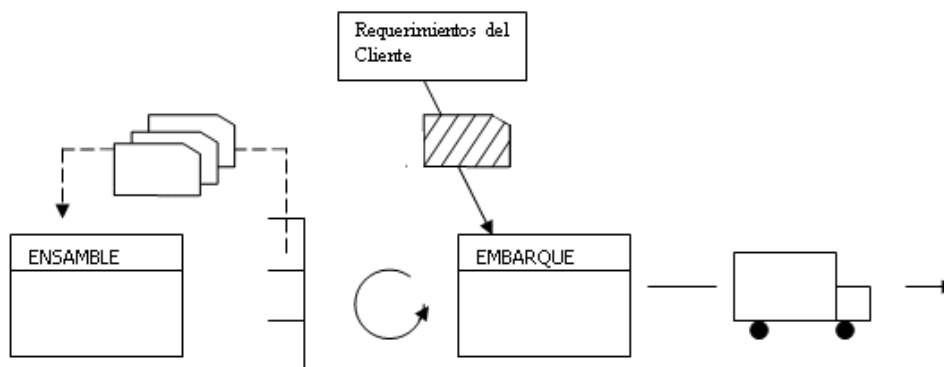


Figura 3.7: Supermercado Kanban
Imagen tomada de la documentación de Schneider Electric

En el bucle Kanban que muestra la figura anterior, vemos como el supermercado será el cliente. Mediante supermercados que actúan aguas abajo del proceso, se consigue una regulación del flujo productivo aguas arriba. Al controlar la producción se tendrá:

- El proceso según los requerimientos de cliente que retirarán del supermercado lo que necesiten cuando lo necesiten.
- El proceso de suministro donde el supermercado mandará a reponer lo que se retiró.

El flujo de información, por su parte, actuará de manera que:

- La tarjeta Kanban de producción pondrá en marcha proceso anterior al supermercado, donde se le dará la información de necesidad de producir.

Físicamente, los supermercados deben estar ubicados cerca del proceso previo de suministro de forma que los propios operarios que se encargan de rellenarla tengan un control visual de la demanda, puesto que ellos mismos podrán observar lo que se han llevado y rellenarlo hasta completar el nivel de stock establecido por el supermercado. De esta manera, no habrá más producto que el necesario para satisfacer al cliente. Cabe añadir que el diseño del supermercado incluye también un buffer, para proteger de variaciones en la demanda, mientras se va rellenando progresivamente.

Los principios del supermercado Kanban son:

- Mejora de procesos: mediante la eliminación de desperdicios, organización del área de trabajo y reducción del tiempo de cambio. Esta forma de trabajo busca siempre la mejora continua y para ello es muy necesaria la participación plena del personal así como la flexibilidad de la mano de obra.
- Control de la producción: integración en los diferentes procesos de JIT, donde los materiales llegan en tiempo y cantidad exacta siempre que son requeridos en el proceso de fabricación.
- Favorece el flujo FIFO: de las siglas *First In First Out* que significan que lo primero que entra será lo primero en salir, y gracias a ello se pueden prevenir posibles problemas de obsolescencia. Esto se consigue mediante estanterías dinámicas, donde cada estante pertenece a un mismo material, indicados por la figura 3.8 por colores, y estos están dispuestos de forma que favorecen el desplazamiento del material aprovechando la gravedad mediante sistemas de deslizamiento.

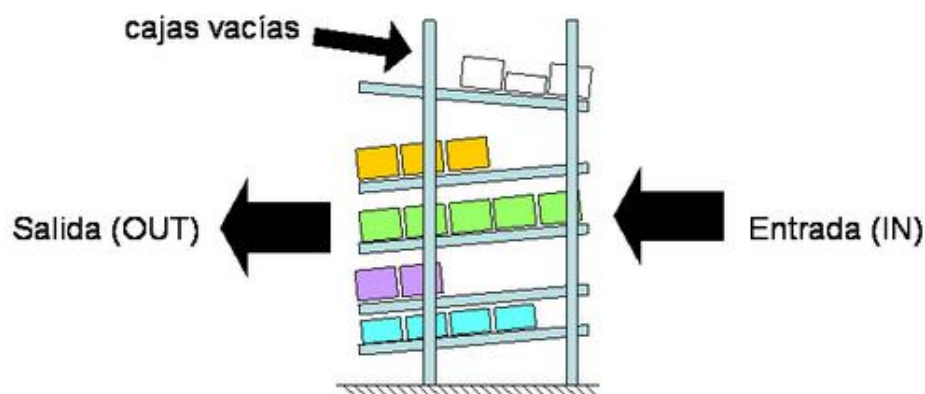


Figura 3.8: Representación de una estantería dinámica
Imagen tomada del sitio: <http://www.leanroots.com/FIFO.html> (Fecha de consulta: 02 de abril de 2015)

3.3.1 Ventajas e inconvenientes del Kanban

Gracias al uso del sistema Kanban se consigue minimizar los niveles de inventario de la fábrica. Como se puede apreciar en la figura 3.9, donde la altura entre las líneas ‘en curso’ hasta ‘completado’ en cualquier momento del día, muestra la cantidad de trabajo-en-progreso. Con lo que se concluye que con este sistema también se obtiene una reducción del WIP (Trabajo-en-progreso) debido a la creación de flujo, y con ello una reducción del tiempo de entrega promedio. Como parte fundamental, también encontramos la ventaja de prescindir de sobreproducción, ya que con las tarjetas Kanban siempre se fabricará la cantidad necesaria en el tiempo necesario.

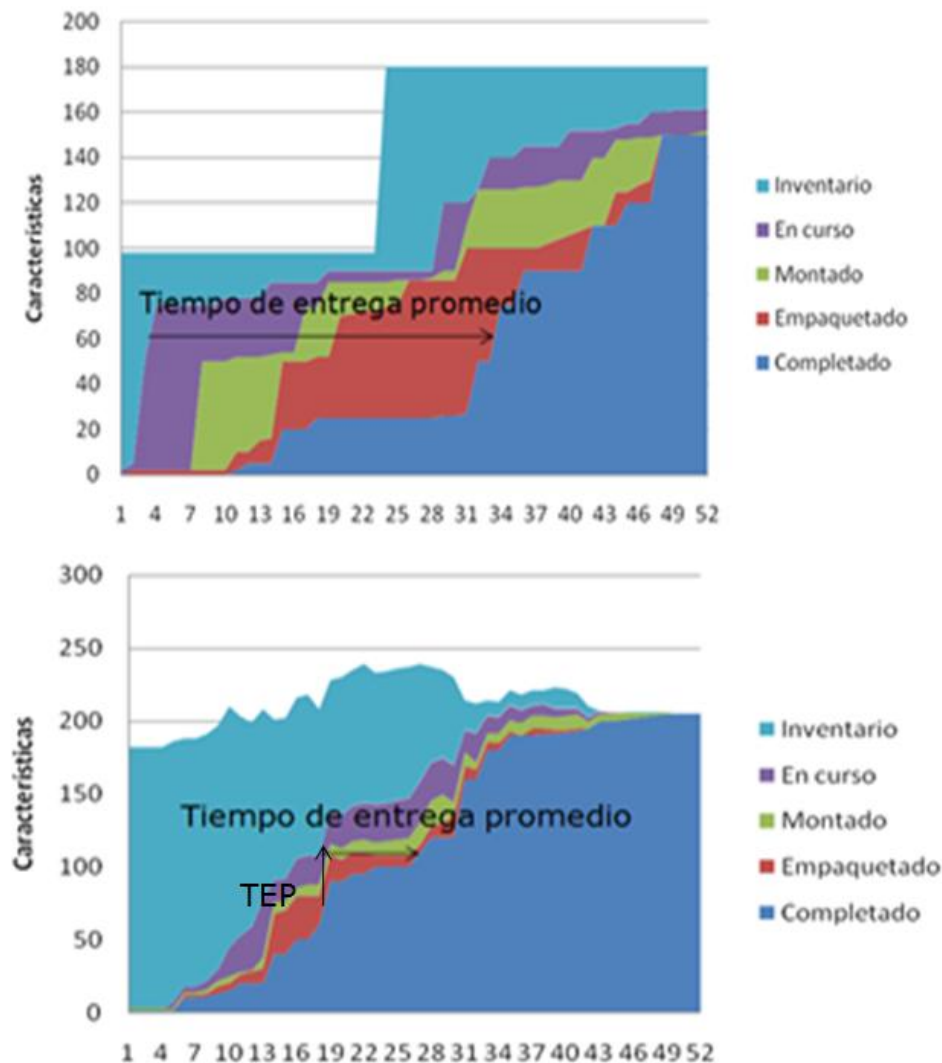


Figura 3.9: Diagrama de flujo acumulativo antes y después de KANBAN
Anderson D.J.(2011)

Aunque parezca contradictorio, el uso de supermercados también se beneficia de las ventajas del Kanban. En ellos, se consigue un ‘WIP transparente’, consiguiendo un mayor control de este, al establecerse unos niveles máximos y mínimos, que situados de forma organizada también permite el control visual del mismo. Para ello será factor clave la nivelación de la demanda.

Al equilibrar la demanda, estamos fijando de manera efectiva el trabajo-en-progreso (WIP) a un cierto tamaño. Lo que llevará a los integrantes de la cadena de valor a tener holgura en sus tareas, permitiendo esto concentrarse en la calidad del producto. Como en toda empresa industrial, los defectos excesivos son unos de los principales desperdicios y otra de las ventajas del Kanban consiste en su minimización. Fomentar la calidad desde el principio tiene un gran impacto en la productividad y rendimiento del proceso productivo.

Con todo lo anterior se consigue una flexibilidad en la calendarización de la producción y en la producción en sí, promoviendo también el trabajo en equipo.

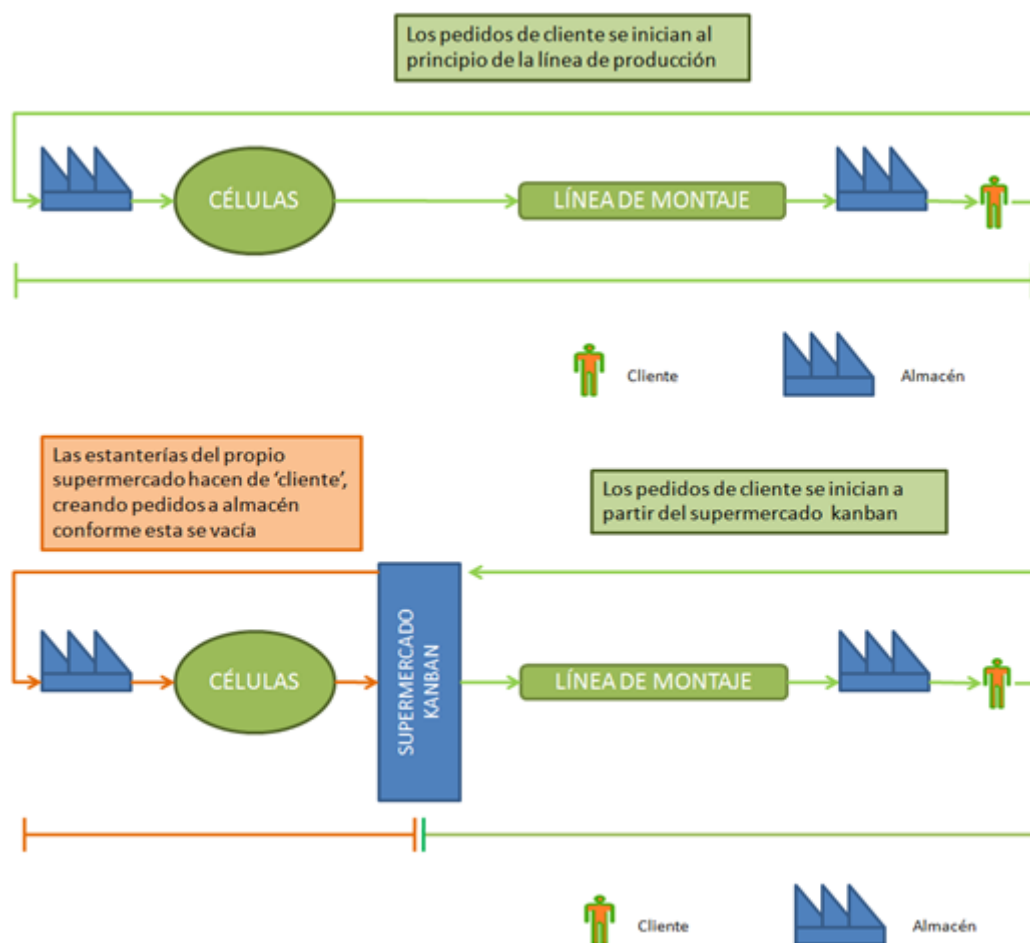


Figura 3.10: Tiempo de espera antes y después del supermercado KANBAN

En la figura anterior podemos observar de una forma diferente la reducción del tiempo de entrega al implantar supermercados Kanban. Mientras que en un principio, un pedido entraba a almacén de donde se escogía la materia prima necesaria para su fabricación y pasaba por toda la línea de producción hasta llegar finalmente al cliente, con la creación del supermercado se espera contar con dos procesos independientes. Por una parte, el propio supermercado hace de 'cliente', donde la estantería previamente dimensionada marca lo que se ha de producir, y por otro lado, los pedidos de cliente reales entrarán directamente al supermercado, acortando de esta manera el tiempo necesario para la fabricación del pedido.

No obstante, el uso del sistema Kanban no solo cuenta con ventajas, también existen una serie puntos negativos:

- Un plazo de abastecimiento demasiado grande excluye la elección de este método, pues tendría muy desocupados a los trabajadores ya que con el Kanban se pretende la agilización del proceso, siempre marcado por el ritmo del cuello de botella.
- El sistema no tiene ninguna anticipación en caso de fluctuaciones muy grandes e imprevisibles en la demanda. Puede anticiparse a ellas pero no solucionarlas.
- Exige un control y disciplina en el uso de tarjetas

3.3.2 Dimensionamiento teórico del Kanban

Existen numerosas variantes en el método del cálculo del Kanban, de la que solo se explicará la que ha sido utilizada en el proyecto en estudio.

Como se ha dicho con anterioridad, los inventarios son uno de los siete desperdicios identificados por el Lean Manufacturing, por lo que el Kanban debe ser un inventario controlado tanto la cantidad por la que está constituido, como en el tiempo en el que se espera hasta su uso. Los factores tiempo y cantidad obligan a considerar la demanda diaria del cliente que usa el producto elaborado por la operación precedente. Estos ritmos de demanda generalmente no son permanentes y menos aún estables, razones por las cuales se requieren tener en cuenta las variaciones para minimizar los desperdicios con lo cual es conveniente emplear un factor que cuantifique la desviación (DESV) para suavizar las fluctuaciones de la demanda.

Además será imprescindible contar con un stock de seguridad para amortiguar posibles efectos en el stock en circunstancias no previstas, como un retraso en la recepción por parte del proveedor o un repentino aumento de la demanda, siempre intentando cumplir el nivel de servicio fijado por la empresa. Todo esto, encaminado a establecer un flujo balanceado por medio de un número determinado de tarjetas de instrucción (Tamaño del Kanban).

$$N = \frac{(DD + DESV) + (SS)}{KB} \quad (3.1)$$

N= Número de tarjetas Kanban

DD= Demanda diaria

DESV= Desviación Típica

SS= Stock de Seguridad

KB= Cantidad por lote

Siendo el Stock de Seguridad calculado de la siguiente manera:

$$SS = DESV * TS * \sqrt{LT} \quad (3.2)$$

DESV= Desviación Típica

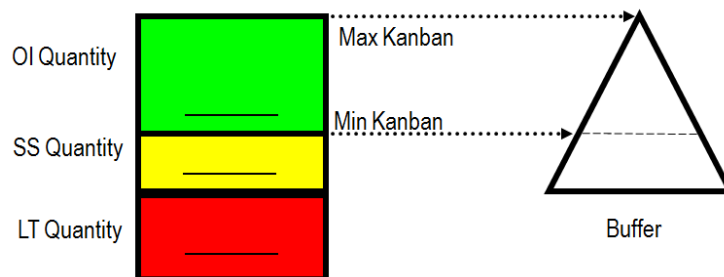
LT= Tiempo de entrega acordado por la fábrica

TS= Tasa de servicio

3.3.3 Sistema de tarjetas Kanban de colores

Por lo general, a los supermercados se le pueden añadir colores para que de forma visual faciliten el control de los niveles de Kanban en el supermercado. Esto también ayudará a la hora de marcar prioridades a la hora de establecer un orden de fabricación. Por su sencillez y estandarización estos colores vienen a ser los mismos de un semáforo, donde significan:

- Kanban verde: Terreno seguro, el material debe ser reabastecido en el ciclo normal de reabastecimiento.
- Kanban amarillo: Debe atenderse con brevedad porque puede salirse de control, está en el límite y requiere un reabastecimiento inmediato.
- Kanban rojo: El inventario se está agotando y se requiere una acción de manera urgente por inminente escasez.



*Figura 3.11: Supermercado Kanban por colores
Imagen tomada de la documentación de Schneider Electric*

Para el dimensionamiento del Kanban por colores se tiene:

- Verde: Cantidad necesaria para cubrir la demanda hasta tener que pedir materia prima de nuevo. Esta cantidad es la cantidad de unidades máxima en Kanban (K_{max}).
- Amarilla: Con el amarillo se tendrá el stock de seguridad, el cual cubrirá la variabilidad de la demanda. Según nuestro cálculo será el stock de seguridad (SS).
- Rojo: Cantidad necesaria para cubrir la demanda mientras estás en proceso de fabricar. Según nuestro cálculo, esto será la demanda diaria (DD).

3.4 ESTRATEGIA DE PRODUCCIÓN

En los tiempos que corren, la planificación de la cadena logística de cualquier industria es una tarea complicada debido a la variabilidad como uno de los factores determinantes en la adopción de la estrategia de aprovisionamiento. Es muy importante que estas sepan adaptarse tanto a las necesidades de los consumidores como a los cambios tecnológicos. Su habilidad de respuesta puede ser una gran ventaja a la hora de operar en mercados competitivos.

Existen diversas soluciones para abordar la planificación de los recursos a lo largo de toda la cadena, desde la más tradicional hasta técnicas surgidas más recientemente.

- La filosofía MRP, del inglés *Material Requirements Planning*, aborda la variabilidad mediante la gestión de buffers a lo largo de todos los eslabones de la cadena con el propósito protegerla ante cualquier interrupción en el proceso. De esta forma, el proceso se vuelve rígido ya que cualquier fallo detectado aguas arriba se verá amortiguado por los diferentes buffers y no permitirá una reacción rápida ante ellos.

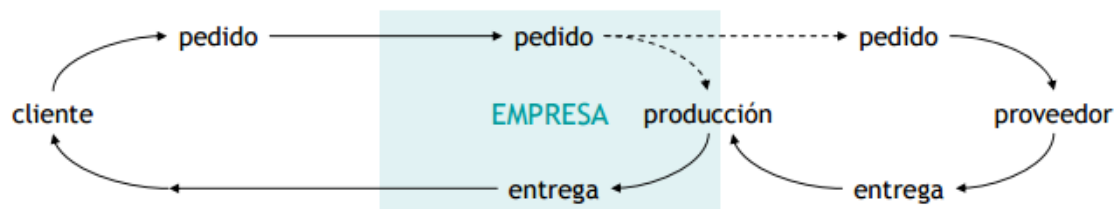
- Con el Lean Manufacturing surgió el JIT, comentado a principios de capítulo. Este contempla la eliminación de la variabilidad aleatoria producida por situaciones imprevistas y que se manifiestan en forma de fallos de calidad, retrasos del proveedor, rotura de stock, huelgas, etc.
- La Teoría de las Restricciones (TOC) acepta que cualquier proceso con diversas partes implicadas resulta en un sistema desequilibrado. Por tanto, trata de identificar en dicho proceso aquel de mayores restricciones (cuello de botella) y a partir del ritmo que este marque controlar el flujo a lo largo de toda la cadena, protegiendo solo el proceso complicado mediante un buffer y dejando el resto de procesos desprotegidos.

Mediante la combinación de estos sistemas de gestión se pretende conseguir la optimización de la planificación de la cadena de suministro en entornos con variabilidad acotada con el objetivo de conseguir así el mayor beneficio para la empresa. Existen diferentes estrategias de producción acorde con las restricciones y política de la empresa.

A continuación se comentaran aquellos utilizados por Schneider Electric Meliana.

3.4.1 Fabricación contra pedido

MTO, del inglés *Make to Order*, es la estrategia utilizada por empresas que producen una vez han recibido un pedido en firme de sus productos. Sólo después del encargo de un determinado producto, la empresa lo elaborará. En este caso, será el propio cliente quien decida las especificaciones del producto así como la cantidad, calidad y momento en el que lo desea. Debido a ello, la empresa podrá cobrar estos pedidos a un precio más elevado.



*Figura 3.12: Proceso de fabricación contra pedido
Imagen tomada de la documentación de Schneider Electric*

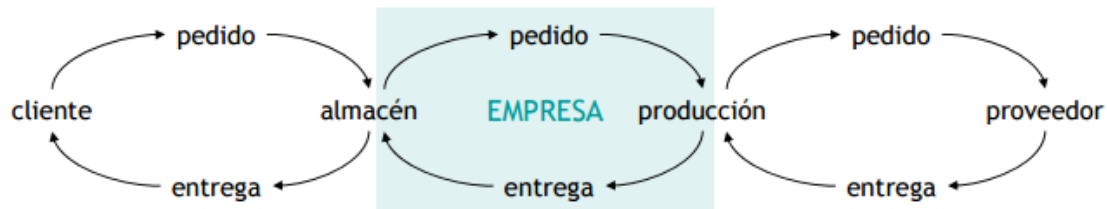
Además, factores como la obsolescencia de producto serán factores decisivos para la elección de estrategia. A mayor predisposición de convertirse en producto obsoleto, este tenderá más a ser fabricado por pedido. Esto es debido al alto riesgo de acumular inventario innecesario que cuenta con la posibilidad de no volver a utilizarse.

El tiempo de espera para la producción contra pedido será mayor ya que estos atienden a necesidades específicas de clientes y por tanto no se benefician de las ventajas de la estandarización de procesos.

3.4.2 Fabricación contra stock

Para los productos MTS, del inglés *Make to stock*, se fija el nivel de inventario deseado y se produce únicamente aquello necesario para mantenerlo, siendo este inventario obtenido a partir de las fluctuaciones de demanda y la capacidad de producción. Esto se consigue mediante previsiones de demanda, donde a mayor precisión estos tengan, evitarán el exceso de inventario y la vez la posibilidad de quedarse sin existencias. La parte más complicada de ello será entonces el pronóstico de ventas, pues cuanto más acertado este sea, mayor será la probabilidad de satisfacer adecuadamente la demanda real.

Aunque esta estrategia pueda parecerse a la producción de tipo empuje, se convierte en necesaria para evitar la pérdida de oportunidad y por lo tanto, seguirá considerándose PULL siempre y cuando los inventarios se ajusten al mínimo necesario.



*Figura 3.13: Proceso de fabricación contra stock
Imagen tomada de la documentación de Schneider Electric*

3.4.3 Fabricación mixta

En la práctica real, normalmente existen situaciones intermedias. De forma general, una empresa suele tener líneas de productos contra stock y líneas de producto contra pedido. En otras ocasiones, la empresa decide combinar ambos tipos de fabricación para una misma línea de producto, almacenando contra stock para la primera parte del proceso productivo y contra pedido en la parte final. De esta forma, la empresa estaría adelantando la producción pero sin perder ciertos beneficios del reducido inventario que viene asociado con el MTO.

CAPÍTULO 4: DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS Y ANÁLISIS

4.1 INTRODUCCIÓN

Como se ha comentado en el capítulo 2, en el apartado dedicado a la descripción de los productos de la empresa, las dos líneas en estudio en el siguiente Trabajo Final de Grado son productos recientes, fruto de un cambio en la tecnología de los dispositivos eléctricos.

La gráfica de la figura 4.1, representa con datos simulados, la evolución de las ventas de ambas generaciones de aparatos. Como se puede apreciar, fue en el año 2010 cuando se lanzaron los productos IDTIM, de 5ª generación (Acti9), al mercado y con la incorporación en 2012 de SURYA, consiguió un ascenso en sus ventas de forma exponencial, sustituyendo casi por completo a su predecesora. Está previsto que ambas generaciones de aparatos convivan durante unos años, manteniendo un volumen de ventas constante, ya que las ventas de productos de la línea ID han persistido en algunos países.

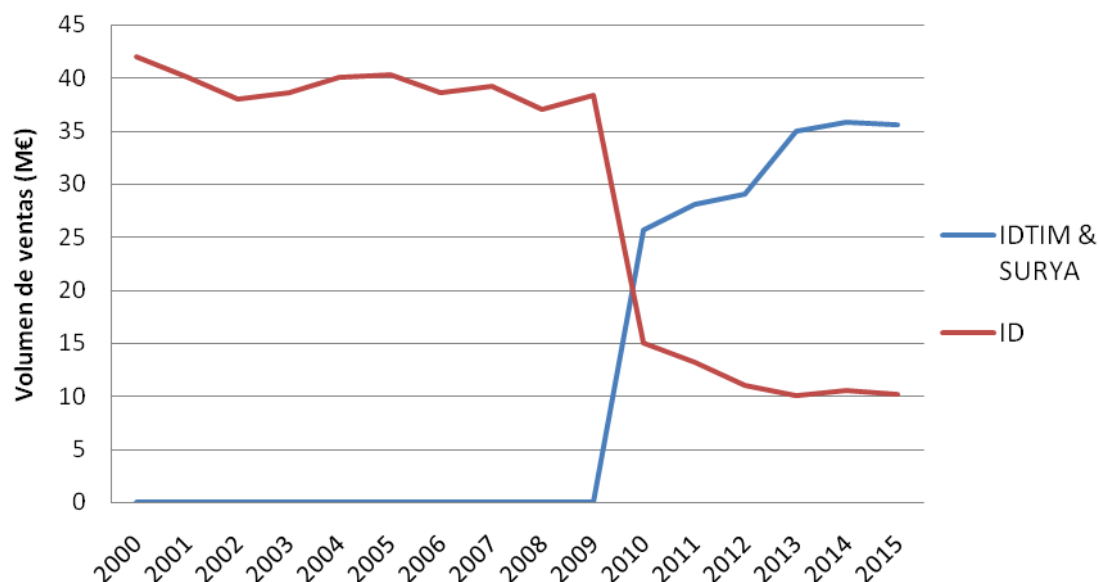


Figura 4.1: Evolución ID vs IDTIM&SURYA

Al ser las líneas IDTIM& SURYA líneas en auge, para la incorporación del sistema Kanban fue necesario la espera hasta conseguir un nivel de demanda regular, y es por esta razón por la que una vez se consiguió llegar a un volumen de ventas que se prevé se mantendrán constantes, es el momento preciso para establecer el supermercado Kanban dimensionado en el siguiente trabajo.

4.2 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Un cuello de botella, en cualquier proceso industrial, es aquella fase de la cadena de producción más lenta al resto, siendo esta la que ralentiza el flujo productivo. Por consiguiente, será el cuello de botella el que determine la cantidad de los productos acabados, que pasen por él, a fabricar cada día. En el caso de las líneas IDTIM y SURYA, es el proceso llevado a cabo por una máquina de aguas abajo de la línea de montaje el que marca este ritmo de fabricación y es este, por tanto, el considerado el cuello de botella de la línea.

Como estado inicial, se tenía una cadena de producción donde los lotes de kits, una vez ensamblados, entraban directamente en la línea de montaje. En este flujo, el cuello de botella, en su máxima capacidad, marcaba un ritmo más lento en comparación con el proceso de montaje manual de las tres células existentes, aguas arriba de la cadena. Con la línea trabajando a tres turnos para cubrir su demanda, sumado a la entrega de primas por ensamblajes a mano, ocurría que el montaje de kits alcanzaba unas velocidades que en muchas ocasiones saturaban los procesos intermedios entre las células y el cuello de botella. Además, el descompás de ritmo entre el taller de fabricación de los bobinados y las células donde se montaban los kits también era notable, ocasionando a menudo parones en la célula por falta del bobinado para completar su kit.

Por las razones anteriores, la fábrica tuvo que adaptarse de forma rápida ante estos problemas que surgieron a los inicios de esta línea. La solución inmediata fue, por una parte, la creación de un pequeño buffer de bobinados de donde los kits pudiesen abastecerse sin interrupciones y, por otra parte, un lugar donde almacenar cubetas con kits para que estos no fuesen introducidos directamente en la línea, y así se evitaría su saturación.

Descartada la idea de buscar una ubicación en el almacén, creando movimientos innecesarios de material por la fábrica y posible caos, se instauraron unas estanterías que actuaban como almacén intermedio (este será el mismo concepto de supermercado, pero denominaremos de esta manera para hacer distinción entre él y el que se creará durante el proyecto) próximo a las cabeceras de la línea. A modo de reposición, estas estanterías se aprovisionaban por Kanban y para ello, su dimensionamiento fue hecho a partir de los datos de la demanda del 2010, año en el que surgió el IDTIM.

Con un incremento en sus ventas y la introducción de la línea SURYA, que trajo consigo la incorporación de una célula más para la fabricación de kits y el desplazamiento del taller de los bobinados, las estanterías quedaron anticuadas en cuanto a su dimensionamiento. Sin embargo, estas siguieron haciendo su función de almacén intermedio, con una distribución caótica debido a la introducción de nuevas referencias, incapaz de abastecer a la línea de forma correcta. A causa del mal dimensionamiento, estas estanterías perdieron las ventajas del sistema de supermercados por Kanban, y esto condujo a un incremento en el número de roturas de stock de productos tanto de IDTIM como de SURYA.

Este almacén intermedio fue implantado en la zona *células kits*, como muestra la figura 2.7. Aquí se instalaron 3 estanterías dinámicas de 14 columnas de ancho, formadas por módulos de 3 y 4 columnas, como muestra la figura 4.2 a izquierda y derecha respectivamente, y con 5 alturas, dejando la sexta para las cubetas vacías.



Figura 4.2: Estantería supermercado KANBAN

Dos de las estanterías, con cuatro huecos de ancho, como la representada por la figura anterior, fueron destinadas a los kits, mientras que una de ellas con la mitad, fue la destinada a los bobinados. El detalle de las dimensiones de las estanterías se detalla a continuación, en la tabla 4.1.

Es preciso añadir, para un mejor entendimiento, que a lo largo de este proyecto se hablará de una ubicación para referirse a los cuatro huecos que comparten raíles en cada Estantería 1 y 2 Kits, dos huecos en el caso de la Estantería Bobinados. También se referirá a las cajas de plástico donde se almacenan por lotes cada material en un hueco de estantería como cubetas.

TABLA 4.1: Descripción estanterías estado inicial

ESTANTERIAS TALLER	ALTURAS	COLUMNAS	ANCHO	UBICACIONES	CUBETAS
ESTANTERÍA 1 KITS	5	14	4	70	280
ESTANTERÍA 2 KITS	5	14	4	70	280
ESTANTERÍA 3 BOBINADOS	5	14	2	70	140
TOTAL				210	700

Inicialmente, las células contaban con 210 ubicaciones para almacenar estos subconjuntos de fabricación manual.

Por otra parte, la reposición de los bobinados en su respectiva estantería en la zona *células kits*, funcionaba de la manera que muestra la figura 4.3. En ella se observa como el consumo de los bobinados generaba una necesidad de reponer la cubeta en las células, dejando su tarjeta en el buzón. El MPH se llevaba la tarjeta al *taller bobinados*, donde dejaba la orden de fabricar en su correspondiente buzón. Era entonces cuando bobinados fabricaban e identificaban con esta tarjeta y lo depositaban en la estantería de salida del taller de bobinados. Tras este transcurso de tiempo, que dependía la saturación del taller, a su próxima vuelta, el tren se llevaba los bobinados montados abasteciendo la estantería bobinados de la zona *células kits*.

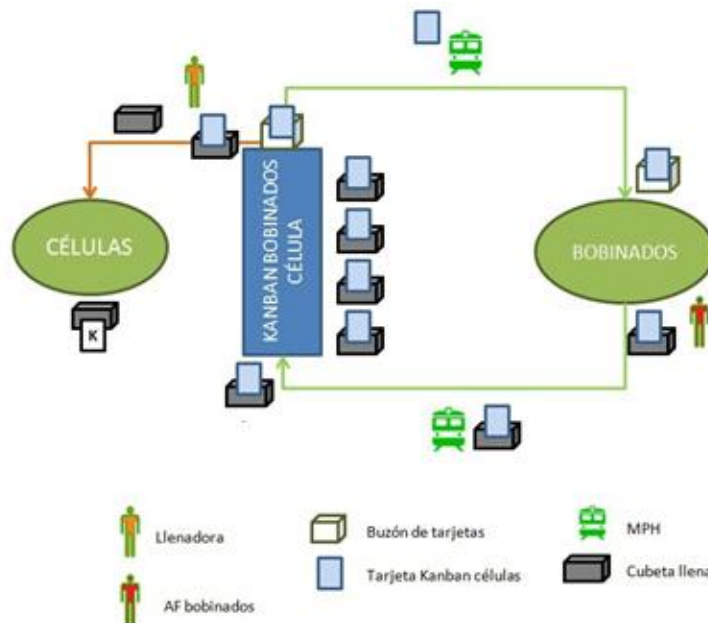


Figura 4.3: Diagrama de flujo inicial del Kanban bobinados
Imagen tomada de la documentación de Schneider Electric

4.3 JUSTIFICACIÓN

Paralelo al Proyecto ‘Supermercado Kanban IDTIM & SURYA’, existían unos factores que incidieron en los beneficios a obtener de la implantación de estos supermercados.

4.3.1 Schneider Production System (SPS)

La siguiente figura muestra un extracto del manual SPS perteneciente a la sección de producción y logística, en concreto el apartado de estrategias de reaprovisionamiento mediante Kanban.

SPS-0106EN Ver.: BA (3/01/2014) 8C Replenishment Strategy		Management of Manufacturing and Logistic Processes		
1 - SPS Notion	2 - SPS Basic	3 - SPS Standard	4 - SPS Advanced	5 - SPS Expert
2. KANBAN: Some Internal Withdrawal Kanban is used for component replenishment.	6. KANBAN: The KB system for components from stock to production is optimized and it is adjusted to changes in demand.	10. KANBAN: Supermarkets for sub assemblies and inter-cell / sector flows are optimized to control WIP and assure pull. CONWIP (Controlled WIP) (FIFO) lanes may be in place for certain flows between cells or sectors.	14. KANBAN and supermarket inventory has been significantly reduced as replenishment lead times are shortened and variation in lead times is reduced.	18. Down time / customer service issues due to either internal or external component or sub-assembly shortages are less than 10% of the Pareto for missing OTD.

Figura 4.4: Extracto SPS - Estrategia de reposición
Imagen tomada de la documentación de Schneider Electric

Traducido, esta tabla queda:

- 1 – SPS Noción: Se utilizan algunos Kanbans internos para la reposición de componentes.
- 2 – SPS Básico: El sistema Kaban de componentes desde almacén hasta taller está optimizado y se ajusta ante cambios en la demanda.
- 3 – SPS Estándar: Supermercados de subconjuntos entre células y sus respectivos flujos están optimizados para controlar WIP y asegurar el PULL.
- 4 – SPS Avanzado: Kanban e inventario en supermercados ha reducido significativamente los plazos de reaprovisionamiento y la variación en los tiempos de entrega se han reducido.
- 5 – SPS Experto: El tiempo de inactividad y problemas de servicio a los clientes debido a la escasez de componentes, ya sea por fabricación interna o externa, se han reducido más de un 10%.

Se observa por tanto, como el Schneider Production System, al igual que el TPS, sugiere la utilización de la herramienta del Kanban para la creación de un flujo PULL y minimización del inventario. Para alcanzar un mayor nivel de cumplimiento SPS, este propone la utilización de supermercados de subconjuntos entre las células y cabeceras de línea en aquellos procesos donde sea necesario para favorecer la cadena de producción, posibilitando el alcance de niveles de excelencia mediante la optimización de su dimensionamiento y un seguimiento exhaustivo constante.

4.3.2 Roturas de stock

Un estudio global de la fábrica en el que incluía un análisis en profundidad de las roturas de stock producidas durante 2014, reveló que estas iban en proporción al volumen de ventas de cada línea, donde encabezaban las líneas predominantes de SE Meliana. Estos resultados se muestran en el pareto de la figura 4.5. En esta se observa las líneas IDTIM y SURYA a la cabeza, acumulando un total de más de 3000 pedidos de productos acabados que sufrieron una rotura de stock, suponiendo el 30% de las roturas del año.

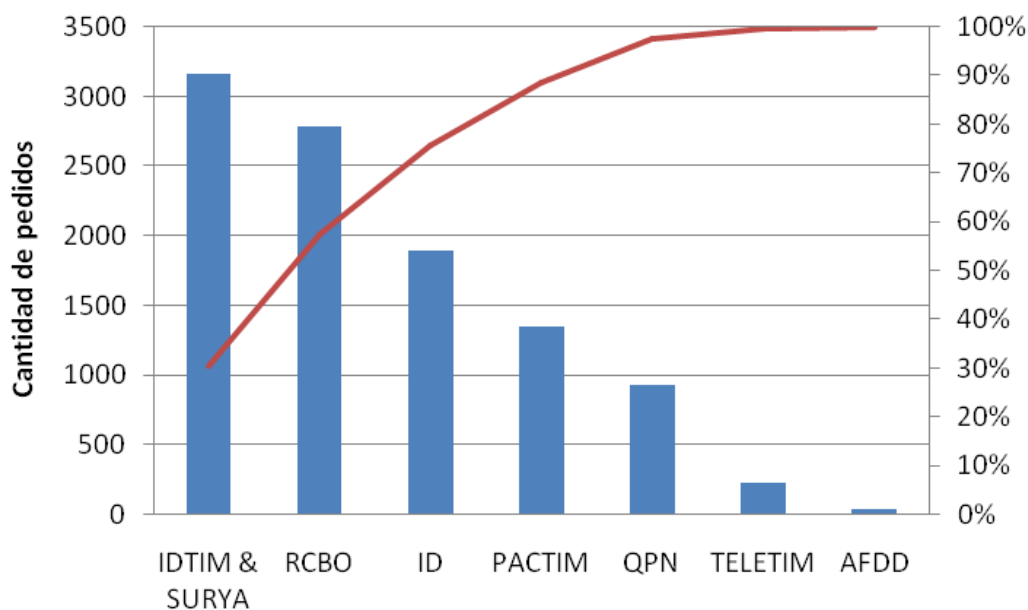


Figura 4.5: Número de roturas de stock en 2014

A su vez, un seguimiento durante ese mismo año, en el que a cada pedido en rotura se le trató de identificar la causa que la había ocasionado y si tenía alguna pieza asociada a ella, identificó en el análisis la proporción que representaba cada una de ellas del total de las roturas de stock de cada familia de productos.

Para el caso concreto del IDTIM y SURYA se obtuvieron los siguientes resultados:

- 30% de las roturas de la línea fueron atribuidas a un retraso de la producción, es decir, casos en los que el problema había sido debido a un retraso del proceso manual.
- 4% fueron debidas a retrasos de piezas por parte de proveedores/subcontratistas, de las cuales el 31% fueron de las piezas BBV15790 y BBV15797 (Kits IDTIM AD1 y AD2).
- 17% fueron generadas por el sobre consumo de productos por previsiones mal generadas
- Mientras que el 49% fueron achacadas a razones que no van a contemplarse en este proyecto, como son los problemas informáticos, problemas logísticos externos y entregas erróneas, entre otros.

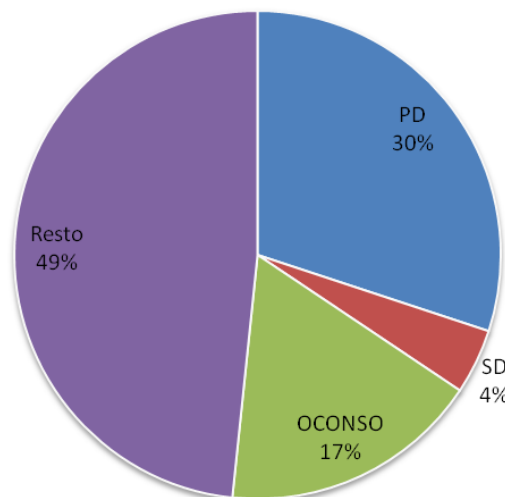


Figura 4.6: Razones de roturas del IDTIM y SURYA

En la gráfica de la figura 4.6 se muestran únicamente aquellas razones que podrán ser solventadas mediante un buen dimensionamiento del supermercado Kanban. Este sistema atacará directamente al problema de retraso de la producción de subconjuntos de fabricación manual. Al incluir en el supermercado todos los productos que son demandados, con una holgura suficiente en base a su consumo y que mediante los paneles visuales, permitirán el rápido reconocimiento de aquellos que tengan mayor urgencia. Esto, sumado a la utilización de tarjetas Kanban contribuirá a la creación de un flujo ininterrumpido.

De forma indirecta, la implantación del supermercado también contribuirá a la reducción de roturas por retrasos de proveedor. Como se ha comentado anteriormente, un 31% de estos casos fueron debidos a retrasos de kits de parte de subcontratista, que al haber sido incluidos en el supermercado, se espera tener un mayor control de su punto de pedido. A su vez, cualquier otro retraso de proveedor también se prevé ser amortiguado al tener productos semi-fabricados de los que poder abastecerse mientras llega la materia prima.

Las fluctuaciones imprevistas en la demanda, bajo el motivo sobre consumo, se espera ser reducidas al tener el supermercado actuando como almacén intermedio. Como se ha mostrado en la figura 3.10, este actuará como punto de inicio del proceso, donde entrará el pedido de cliente. De esta forma, el tiempo de espera se verá reducido considerablemente al ahorrarse el proceso de fabricación manual, proporcionando más rapidez en el suministro. Además, su aporte de flexibilidad a la producción permitirá a la fábrica la posibilidad adaptarse a la demanda aumentando a más turnos si fuese necesario.

El análisis de roturas de stock de 2014 también desveló una información muy importante. Como muestra la figura 4.7, un 11% del total de roturas de productos IDTIM y SURYA fueron causados por productos de fabricación bajo pedido (MTO). Esto fue un dato preocupante, al tener estos pedidos un mayor plazo de entrega que los MTS, significando que la fábrica no era capaz de flexibilizar su planificación de producción.

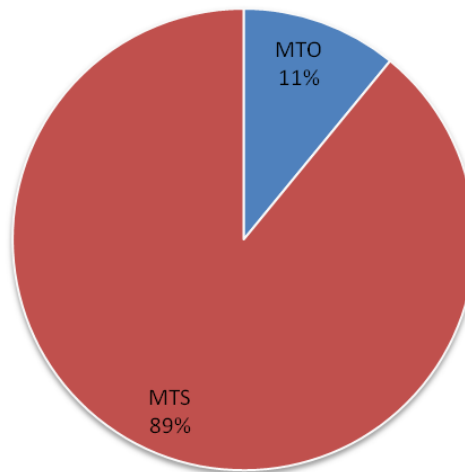


Figura 4.7: Proporción productos MTS/MTO

4.4 CONCLUSIÓN

En resumen, la puesta en marcha del proyecto ‘Supermercado Kanban IDTIM & SURYA’, viene seguida de una mejora en el proceso productivo de estas líneas, cuya clave reside en el buen dimensionamiento y distribución de las estanterías del supermercado.

Asimismo, este trabajo contribuye a:

- Una reducción de las roturas de stock globales de las líneas, hecho que repercutirá en la satisfacción de sus consumidores de forma positiva, y supondrá:
 - Un ahorro del coste total de las pérdidas por retraso de la producción.
 - Un ahorro del coste mayoritario de las pérdidas por retraso de proveedores o aumento inesperado de la demanda.
- Un ascenso de categoría dentro del manual SPS, donde se conseguirá una puntuación estándar o incluso mayor mediante el seguimiento, identificación y planes de acción en problemas que vayan surgiendo una vez implantado el proceso.

CAPÍTULO 5: CÁLCULO E IMPLANTACIÓN DE KANBAN

5.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo, se desarrollará de forma detallada cada uno de las etapas que se realizaron previas a la implantación real del proyecto. Estas están estrechamente ligadas al apartado Kanban del capítulo Bases teóricas, haciendo mención a las fórmulas descritas en él. Además, se incluirá la planificación de la ejecución de estas etapas que sirvió a la empresa para programar el seguimiento del proyecto. En el documento Anexos, se incluirán las propuestas finales que sirven como representación de cómo quedarán las distribuciones de estanterías y paneles.

Por motivos de confidencialidad, se ha decidido excluirlos cálculos realizados durante este capítulo, manteniendo únicamente los resultados finales para la coincidencia de los datos con los diseños de los supermercados.

5.2 PROCESO DE IMPLANTACIÓN

5.2.1 Identificación de componentes

Debido a la necesidad que se halló de un supermercado Kanban, el departamento de Gestión decidió crearlo con todas las referencias de la línea. La decisión de incluir tanto MTS como MTO se tomó a partir del análisis de Roturas de Stock (Capítulo 4), ya que una de las metas perseguidas era la reducción de las roturas de stock, aun con el riesgo de incluir inventario de baja rotación.

Para ello, se obtuvo a través de SAP el despiece de referencias de cada uno de los productos acabados que componen estas dos líneas de producción. Dando como resultado la obtención de 63 referencias de kits y 20 referencias de bobinados, de los cuales 16 son comunes a varias referencias de kits para ambas líneas. La tabla 5.1 muestra la lista de componentes en estudio en el proyecto.

Cabe destacar que aquellos productos, cuyas referencias están subrayadas en azul, debido a su alta demanda son subcontratadas y por lo tanto llegan a la fábrica ya montadas. Por esta razón, aunque sí que están constituidas por un bobinado, no se muestra en la tabla ya que no es objeto de estudio.



TABLA 5.1: Referencias llevadas a estudio

GAMA	KIT IDTIM	BOBINADO IDTIM	KIT SURYA	BOBINADO SURYA
AD1 2P	BBV15790			
AD1 2P NBT	EAV68914		EAV68934	
AD2 4P	BBV15797			
AD2 4P NBT	EAV68919		EAV68935	
AD3 2P	BBV15824	BBV15803	BBV15824SURYA	BBV15803
AD3 4P	BBV15827	BBV15804	S1A82668	BBV15804
AD5 2P	BBV15805	AAV73195	BBV15805SURYA	AAV73195
AD5 4P	BBV15809	AAV73184	S1A82387	AAV73184
AD7 2P	BBV15821		S1A82458	
AD8 4P	BBV15833		S1A82542	
AD9 2P	BBV15859	AAV73192		
AD9 4P	HRB46054	AAV73179		
AD9 4P	BBV15862	AAV73179		
ACCU10 2P	BBV15786	BBV20758	S1B19819	BBV20758
ACCU100 4P	BBV15814	BBV20932	S1B18677	BBV20932
ACCU300 2P	HRB46051	AAV85966	S1A81754	AAV85966
ACCU300 2P	BBV15846	AAV85966		
ACCU300 4P	HRB46053	AAV85976	S1A81939	AAV85976
ACCU300 4P	BBV15852	AAV85976		
ACCU4 2P	HRB46046	BBV16119		
ACCU4 2P	BBV15795	BBV16119		
ACCU4 2P NBT	EAV68927	BBV16119	BBV16119	EAV68938
ACCU4 2P NBT	EAV68917	BBV16119	EAV68930	HRB70960
ACCU4 4P	HRB46050	BBV16120		
ACCU4 4P	BBV15796	BBV16120		
ACCU4 4P	EAV69349	BBV16120		
ACCU4 4P NBT	EAV68918	BBV16120	EAV68937	BBV16120
ACCU4 4P NBT	EAV68928	BBV16120	EAV68931	HRB70959
ACCU500 4P	BBV15857	AAV86357	S1B19495	AAV86357
CSP2 2P	BBV15792	BBV19953		
CSP2 2P	BBV15791	BBV19948		
CSP2 2P NBT	EAV68916	BBV19953	EAV68932	BBV19953
CSP2 2P NBT	EAV68915	BBV19948	EAV68936	BBV19948
CSP2 4P	BBV15798	BBV19941		
CSP2 4P NBT	EAV68920	BBV19941	EAV68926	BBV19941
MARINA 2P	EAV36607	EAV22463		
MARINA 2P NBT	EAV68921	EAV22463	EAV68925	EAV22463
MARINA 4P	EAV36611	EAV32402		
MARINA 4P NBT	EAV68922	EAV32402	EAV68924	EAV32402
INNA 4P	S1A43799	-		
INNA 2P	S1A43083	-		

5.2.2 Cálculo Kanban

Para llevar a cabo el cálculo Kanban, se obtuvo de SAP un listado con el histórico de pedidos de reaprovisionamiento durante el año 2014, datos que garantizan lo que realmente fue fabricado ya que los centros logísticos donde se almacena el producto final deben contar con un stock de seguridad adicional además de lo demandado por el cliente. Con estos datos, a los que se le identificó con su correspondiente kit, se emplearon las fórmulas expresadas en el apartado 3.3.2.

Primero, la obtención del consumo medio diario de cada producto, seguido del cálculo de su desviación típica, dato imprescindible para ver su margen de fluctuación.

Este último dato fue introducido en la fórmula del stock de seguridad (5.1), donde la Tasa de Servicio (TS) establecida por la empresa es del 98% (2,06 como valor estadístico) y el periodo de espera del cliente (LT) está estipulado en 5 días:

$$SS = DESV * TS * \sqrt{LT} \quad (5.1)$$

Con el resultado obtenido de la fórmula anterior, sumado a la demanda media diaria y a la desviación, lo cual evita que los días de demanda muy superior se consuma todo el stock de seguridad, nos señaló la cantidad de unidades de producto a incluir en Kanban. Como además estos productos se fabrican por lotes, hubo que dividir la cantidad anterior por la cantidad de unidades por cubeta para obtener el número de tarjetas Kanban, como muestra la fórmula 5.2.

$$N = \frac{(DD + DESV) + (SS)}{KB} \quad (5.2)$$

Es necesario añadir que los kits procedentes del subcontratista están ubicados en el almacén. Estos son repuestos por el clásico Kanban taller – almacén y la cantidad en supermercado fue calculada según la frecuencia del tren y la capacidad de la célula. Para ello se utilizó la fórmula 5.3, donde se observa que al multiplicar por dos, se tendrán las dos vueltas del tren cubiertas, tanto la vuelta que usa para retirar la tarjeta como la que usa para reponer la cubeta.

$$N = \frac{C_{max} * 2 * F}{KB} + 1 \quad (5.3)$$

C_{max} = Consumo máximo del puesto de trabajo (UN/h)

F = Frecuencia de reposición (h)

N = Número de tarjetas Kanban

KB = Cantidad por lote/cubeta

Siendo la frecuencia de reposición de 1h y el consumo máximo del puesto de trabajo yendo en función la familia y tipo de subconjunto (bipolar o tetrapolar) a producir. Estos últimos datos fueron suministrados por el departamento de Ingeniería de Métodos.

La tabla 5.2 muestra los resultados del cálculo Kanban e ira asociada a cada referencia el número de ubicaciones necesitadas en la estantería:

TABLA 5.2: Resultado cálculo KANBAN kits

	KITS	GAMA	NUMERO DE TARJETAS KANBAN	UBICACIONES
ID TIM	BBV15790	AD1 2P	8	2
	EAV68914	AD1 2P NBT	8	2
	BBV15797	AD2 4P	16	4
	EAV68919	AD2 4P NBT	16	4
	BBV15824	AD3 2P	16	4
	BBV15827	AD3 4P	24	6
	BBV15805	AD5 2P	12	3
	BBV15809	AD5 4P	24	6
	BBV15821	AD7 2P	8	2
	BBV15833	AD8 4P	16	4
	BBV15859	AD9 2P	4	1
	BBV15862	AD9 4P	8	2
	HRB46054	AD9 4P	8	2
	BBV15786	ACCU10 2P	8	2
	BBV15814	ACCU100 4P	8	2
	BBV15846	ACCU300 2P	5	2
	HRB46051	ACCU300 2P	15	4
	BBV15852	ACCU300 4P	21	6
	HRB46053	ACCU300 4P	25	7
	BBV15795	ACCU4 2P	4	1
	HRB46046	ACCU4 2P	8	2
	EAV68917	ACCU4 2P NBT	4	1
	EAV68927	ACCU4 2P NBT	24	6
	BBV15796	ACCU4 4P	8	2
	EAV69349	ACCU4 4P	8	2
	HRB46050	ACCU4 4P	8	2
	EAV68918	ACCU4 4P NBT	24	6
	EAV68928	ACCU4 4P NBT	24	6
	BBV15857	ACCU500 4P	5	2
	BBV15791	CSP2 2P	8	2
	BBV15792	CSP2 2P	8	2
	EAV68915	CSP2 2P NBT	20	5
	EAV68916	CSP2 2P NBT	12	3
	BBV15798	CSP2 4P	8	2
	EAV68920	CSP2 4P NBT	16	4
	EAV36607	MARINA 2P	4	1
	EAV68921	MARINA 2P NBT	4	1
	EAV36611	MARINA 4P	32	8
	EAV68922	MARINA 4P NBT	32	8
	S1A43799	INNA 4P	16	4
	S1A43083	INNA2P	8	2
SURYA	EAV68934	AD1 2P NBT	8	2
	EAV68935	AD2 4P NBT	16	4
	BBV15824SURYA	AD3 2P	4	1
	S1A82668	AD3 4P	8	2
	BBV15805SURYA	AD5 2P	4	1
	S1A82387	AD5 4P	8	2
	S1A82458	AD7 2P	8	2
	S1A82542	AD8 4P	16	4
	S1B19819	ACCU10 2P	4	1



S1B18677	ACCU100 4P	6	2
S1A81754	ACCU300 2P	4	1
S1A81939	ACCU300 4P	19	5
EAV68930	ACCU4 2P NBT	4	1
EAV68938	ACCU4 2P NBT	4	1
EAV68931	ACCU4 4P NBT	16	4
EAV68937	ACCU4 4P NBT	16	4
S1B19495	ACCU500 4P	8	2
EAV68932	CSP2 2P NBT	4	1
EAV68936	CSP2 2P NBT	16	4
EAV68926	CSP2 4P NBT	32	8
EAV68925	MARINA 2P NBT	4	1
EAV68924	MARINA 4P NBT	8	2

752**192**

La cantidad Kanban de bobinados por su parte, al ser comunes a varias referencias de kits de ambas líneas, se calculó en base a los resultados de los kits ya que son estas piezas los que crean la necesidad de consumir su respectivo bobinado. Para ello, se procedió a sumar para cada referencia de bobinado, las cantidades en Kanban de todos aquellos kits a los que más tarde fueran a pertenecer, independiente a ser de una línea o de otra, debido a que el ensamblaje de los kits de ambas se practica en las mismas células. Una vez sumadas, y como la cantidad por lote en bobinados es diferente a la de kits, se redondeó al múltiplo superior de dicha cantidad. A continuación, se mostrará en la tabla 5.3 los resultados obtenidos.

TABLA 5.3: Resultado KANBAN bobinados

BOBINADO	GAMA	CUBETAS	UBICACIONES
AAV73195	AD5 2P	16	4
AAV73184	AD5 4P	14	4
BBV15803	AD3 2P	18	5
BBV15804	AD3 4P	15	4
AAV73192	AD9 2P	4	1
AAV73179	AD9 4P	7	2
BBV20758	ACCU10 2P	11	3
BBV16119	ACCU4 2P	38	10
BBV16120	ACCU4 4P	39	10
BBV20932	ACCU100 4P	3	1
AAV85966	ACCU300 2P	18	5
AAV85976	ACCU300 4P	21	6
AAV86357	ACCU500 4P	8	2
HRB70960	ACCU4 2P NBT	4	1
HRB70959	ACCU4 4P NBT	7	2
BBV19948	CSP2 2P	32	8
BBV19953	CSP2 2P	21	6
BBV19941	CSP2 4P	42	11
EAV22463	MARINA2P NBT	11	3
EAV32402	MARINA4P NBT	31	8

360**96**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos después del cálculo, la tabla 5.4 muestra la necesidad total generada.

TABLA 5.4: Resultados totales

	Número Kanban	Ubicaciones
Kits IDTIM	535	137
Kits SURYA	217	55
Bobinados	360	96
	1112	288

5.2.3 Soluciones a la limitación de espacio

Como se comentó sobre la actual situación en el Capítulo 4, nos encontramos con una limitación de espacio físico, ya que próximo a la línea solo se disponía de 3 estanterías con 210 ubicaciones. Para resolver este problema se estudió la inversión de ampliar la zona supermercado con su respectivo cambio en la disposición de la línea.

Por una parte, donde en un principio estaban los carros que prestaban su función de transporte de las cubetas con kits SURYA de la estantería a cabecera de línea, se planteó establecer otra estantería con la finalidad de que conforme estos kits fuesen montados, se ubicasen en una zona próxima al inicio de su línea de montaje, reduciendo así la cantidad de movimientos de la reponedora. Para ello, según los cálculos mostrados en la tabla 5.3, fue necesaria una estantería con las siguientes dimensiones.

TABLA 5.5: Necesidad estantería SURYA

	Número Kanban	Ubicaciones	Altura	Ancho	Columnas
Estantería SURYA	217	55	5	4	$\frac{55}{5} = 11$

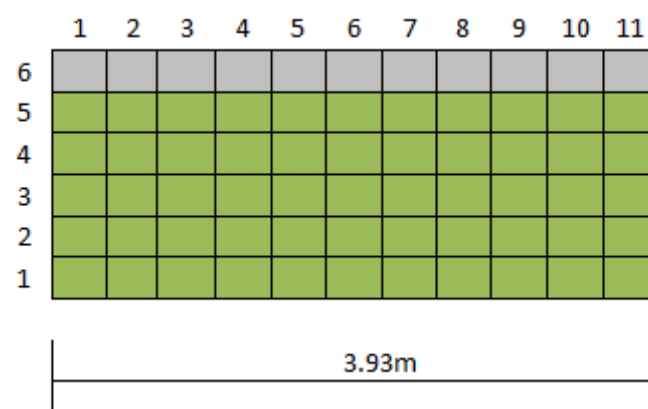


Figura 5.1: Dimensiones estantería SURYA

Para la incorporación de la estantería, primero fue necesario comprobar que esta disponía del suficiente espacio dentro de los límites de la línea, marcados en los planos de color gris claro, evitando que esta pudiese ser un obstáculo en la ruta del tren. Además a la hora de ubicarla se tuvo que pensar no solamente en el perímetro de los estantes, sino que además hubo que incluir un mínimo de 0,8m para pasillos tanto en la zona frontal como en la posterior a la estantería. Estos datos fueron obtenidos del manual de ergonomía, del que muestra un extracto en la figura 5.2.

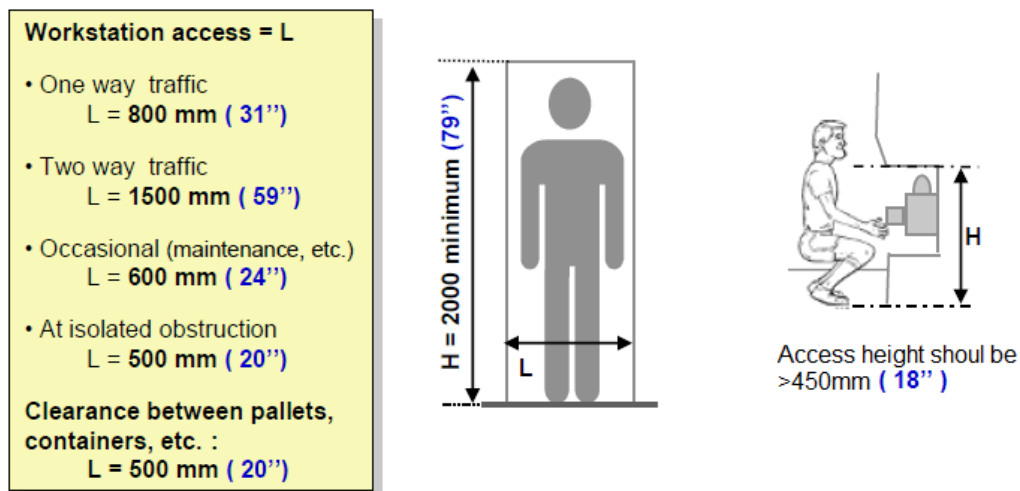


Figura 5.2: Extracto Manual de Ergonomía - ancho de pasillos

Teniendo en cuenta lo anteriormente comentado para fomentar la ergonomía, la estantería se colocó en el taller de la siguiente forma, que como se observa en la imagen obtenida del plano, ocupó la ubicación provisional que en un principio ocupaba el carro y por lo tanto no fue necesaria una reubicación del mobiliario

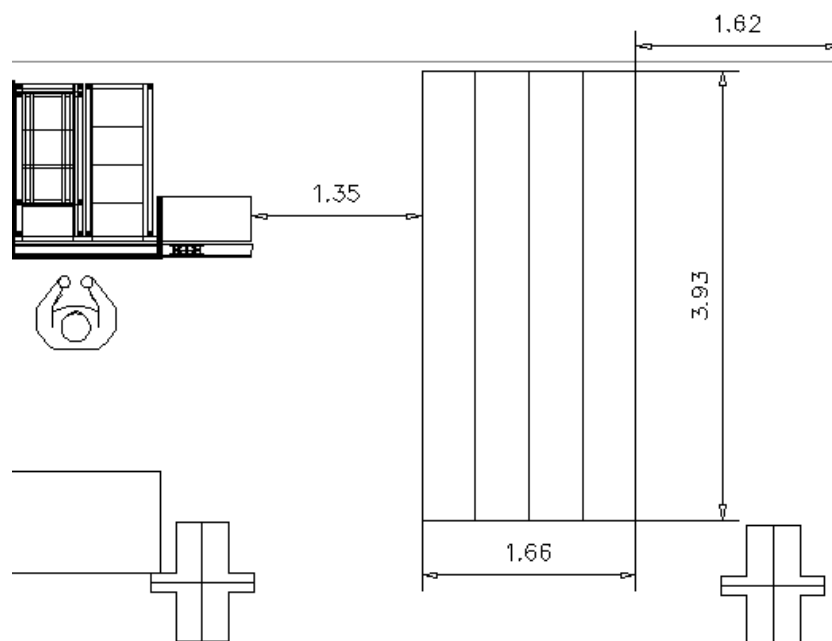


Figura 5.3: Extracto del Plano 3 - modificación de la Estantería SURYA

Por otra parte, para darle cabida a los bobinados, se halló la solución de crear lo que se denominó ‘estantería espejo’, donde la cantidad de bobinados establecida por el Kanban tendría un supermercado en la propia zona *taller bobinados* y se tendría en la zona *células kits* otra estantería para albergar una cantidad adicional de bobinados con la que evitar una interrupción en el flujo productivo. A continuación se explica su funcionamiento en detalle.

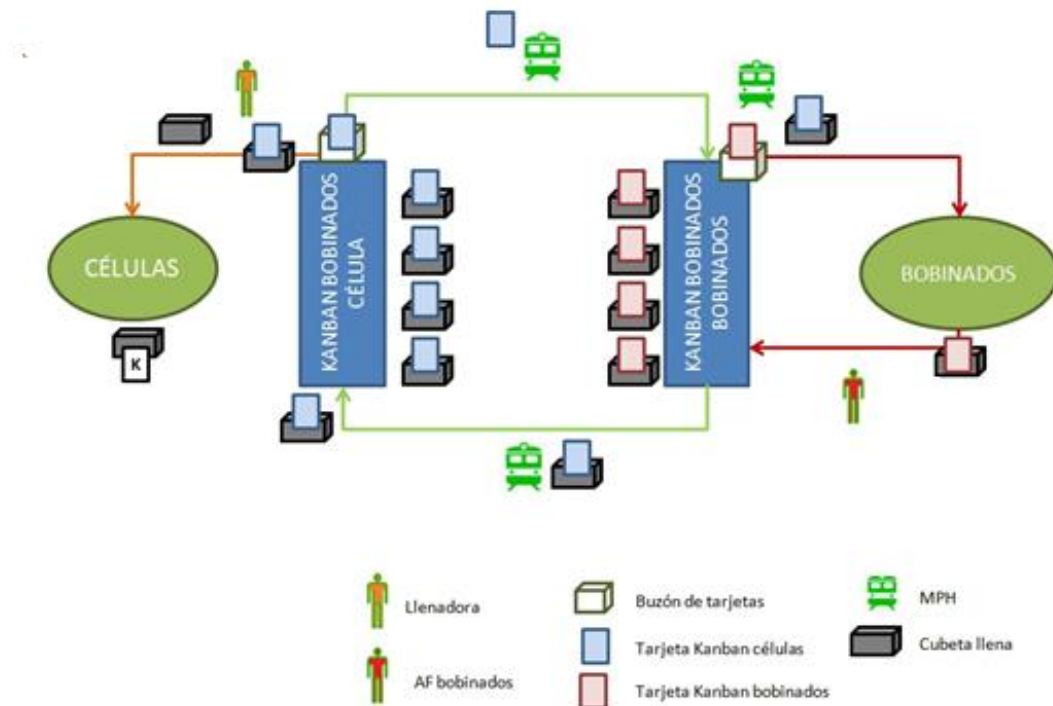


Figura 5.4: Diagrama del flujo final del Kanban bobinados
Imagen tomada de la documentación de Schneider Electric

Como muestra la figura 5.4, tras la propuesta quedó un flujo donde al generarse la necesidad, una vez consumida la cubeta en la zona *células kits*, la tarjeta se dejaba en su respectivo buzón. El MPH se trasladaba hasta la zona bobinados y allí haría intercambio de tarjetas: colocará la del Kanban de la zona *células kits* en una cubeta llena que cogerá de la estantería y generará una nueva necesidad con una tarjeta del *taller bobinados*, al dejar la tarjeta en el panel visual. Es aquí cuando el taller de bobinados identificará con esta tarjeta, fabricará y posteriormente almacenará en su Kanban de *taller bobinados*. Conforme el tren siguiese su ruta, abastecerá al Kanban de bobinados en la zona *células kits*. De esta forma se conseguirá un abastecimiento inmediato de estos componentes de kits para evitar que su producción quede interrumpida por la falta de ellos.

De esta forma permitió tener el suficiente espacio en la fábrica para todos los subconjuntos requeridos en Kanban. Según los cálculos de la tabla 5.3, con esta propuesta, era necesaria una estantería con las dimensiones que se muestran en la tabla 5.6.

TABLA 5.6: Necesidad estantería zona bobinados

	Número Kanban	Ubicaciones	Altura	Ancho	Columnas
Estantería Taller Bobinados	360	96	5	4	$\frac{96}{5} \approx 20$

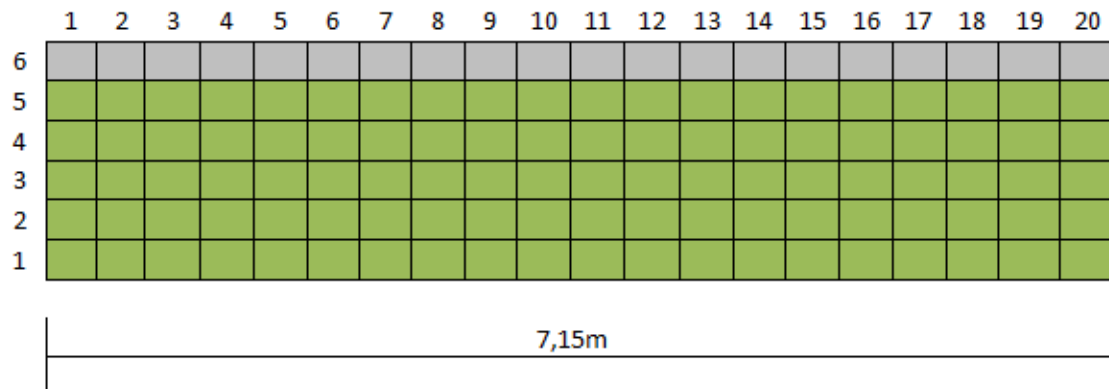


Figura 5.5: Dimensiones estantería zona bobinados

En este caso, el taller de bobinados disponía del espacio suficiente para el largo de la estantería, sin embargo no para el ancho. Para posibilitar su inserción fue necesario el desplazamiento lateral derecho de los puestos independientes más próximos al pasillo del tren hasta los límites del propio taller. Tras dejar el espacio de pasillo mínimo por la parte de la estantería más cercana a estos puestos, esta aun así sobresalía 0,2m por su parte izquierda en los límites del taller de bobinados. Con tal de dejar el pasillo de 0,8m por el lado izquierdo de la estantería hubo que tomar en consideración la posición de la columna, lo cual obligó a que las medidas del pasillo aumentaran a 1,15m.

Este aumento de un total de 1,35m del límite izquierdo del taller de bobinados fue asumido por el desplazamiento de los puestos del taller contiguo, ya que este disponía de espacio libre en su otro extremo, por lo que esto no generó ningún problema. La figura 5.6 muestra el resultado de la inclusión de la estantería en el taller de bobinados.

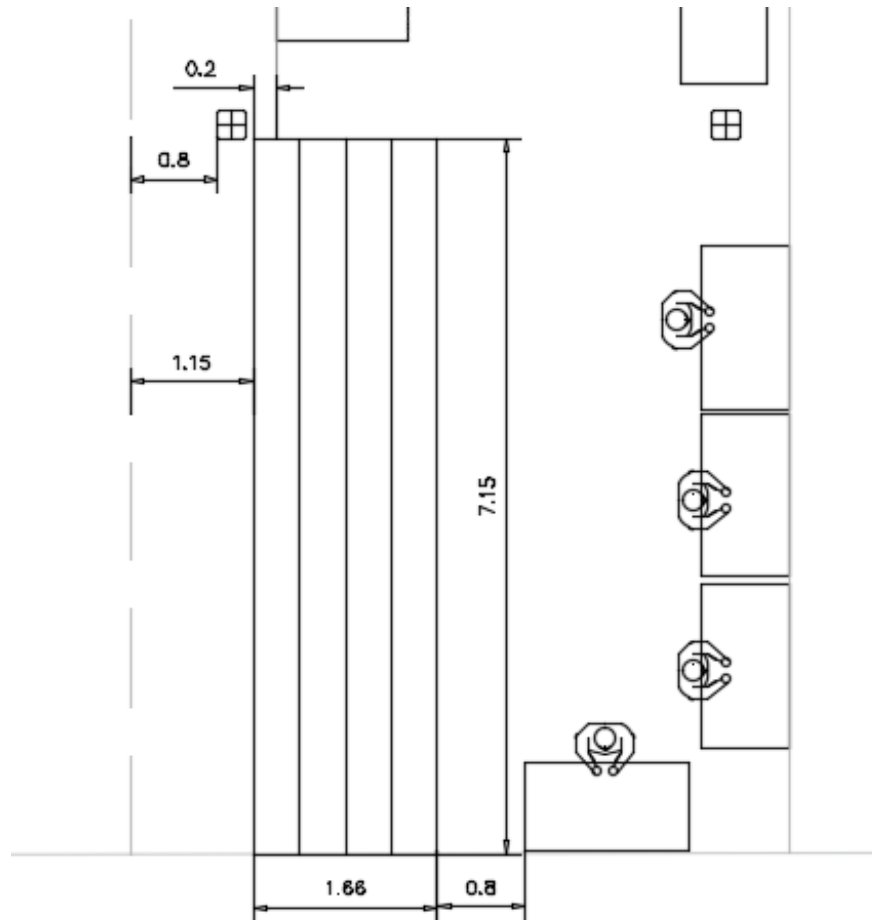


Figura 5.6: Extracto del Plano 3 - modificación de la Estantería Taller Bobinados

5.2.4 Localización definitiva de los supermercados

Con las soluciones anteriores, una vez clarificadas las localizaciones de la Estantería Kits SURYA y la Estantería Taller Bobinados, se procedió a calcular la necesidad de bobinados en la zona *células kits* donde poder albergar la cantidad suficiente de estos para abastecer a la célula en base a su capacidad máxima. Para ello se utilizaron datos de las capacidades máximas de las células, que fueron suministrados por el departamento de Ingeniería de Métodos, yendo estos en función la familia y tipo de subconjunto (bipolar o tetrapolar).

Es necesario añadir que al ser la mayoría de los bobinados comunes a ambas familias, se escogió la capacidad de la célula en el supuesto de montar kits IDTIM, ya que con estos se tiene la máxima capacidad. Dicho esto, se aplicó la fórmula 5.4 para obtener el número de tarjetas Kanban.

$$N = \frac{C_{max}}{KB} \quad (5.4)$$

N= Número de tarjetas Kanban

C_{max} = Consumo máximo del puesto de trabajo (UN/h)

KB= Cantidad por lote

A continuación, la tabla 5.7 muestra los resultados del cálculo anterior. Es necesario tener en cuenta que debido a las dimensiones de la Estantería Espejo Bobinados, una ubicación corresponde a dos cubetas.

TABLA5.7: Resultados Estantería Espejo Bobinados

BOBINADO	GAMA	CUBETAS	UBICACIONES
AAV73195	AD5 2P	8	4
AAV73184	AD5 4P	5	3
BBV15803	AD3 2P	8	4
BBV15804	AD3 4P	5	3
AAV73192	AD9 2P	8	4
AAV73179	AD9 4P	5	3
BBV20758	ACCU10 2P	8	4
BBV16119	ACCU4 2P	8	4
BBV16120	ACCU4 4P	5	3
BBV20932	ACCU100 4P	5	3
AAV85966	ACCU300 2P	8	4
AAV85976	ACCU300 4P	5	3
AAV86357	ACCU500 4P	5	3
HRB70960	ACCU4 2P NBT	6	3
HRB70959	ACCU4 4P NBT	4	2
BBV19948	CSP2 2P	8	4
BBV19953	CSP2 2P	8	4
BBV19941	CSP2 4P	5	3
EAV22463	MARINA2P NBT	8	4
EAV32402	MARINA4P NBT	5	3
		127	68

Con estos resultados nos encontramos ante la situación idílica, ya que las Estanterías 1 y 2 Kits iniciales albergaban de forma justa los kits IDTIM y la Estantería 3, que pasaremos a denominar Estantería Espejo Bobinados, tenía las dimensiones necesarias para albergar los bobinados según el cálculo anterior. A continuación, la figura muestra la localización de los diversos supermercados en el plano.



Figura 5.7: Extracto del Plano 3 - Distribución final en planta de los supermercados

5.2.5 Distribución en las estanterías

Como en todo proceso que implica esfuerzo humano, para la correcta distribución de las cubetas en las estanterías, es necesario comprobar que un nuevo sistema implantado no sobrecargue a las personas encargadas de la manipulación de pesos, evitando además la creación de movimientos innecesarios. En el caso de este proyecto, fue necesario realizar un estudio de manipulación de pesos teniendo en cuenta las alturas a las que fueran a estar situadas. Las conclusiones de este estudio corrieron de parte del departamento de Riesgos.

Para ello, se procedió con la propuesta de la distribución en las estanterías desarrollando un primer análisis en base a los pesos de cada referencia y al número de movimientos que esta tenía a lo largo del turno, ya que analizando por turno se obtendrá el riesgo para la reponedora, al ser esta la única persona encargada del movimiento de las cubetas durante su turno.

TABLA 5.8: Pesos por familias de aparatos

GAMA	PESO (kg)
BOBINADOS AD/CSP	3,5
BOBINADOS ACCU/ MARINA	6,5
KITS INNA	7,5
KITS AD 4P	7,88
KITS AD 2P/CSP 4P	8,16
KITS CSP 2P	9
KITS ACCU 2P/MARINA 2P	9,5
KITS ACCU 4P/MARINA 4P	9,56

En la tabla 5.8 se tienen los pesos agrupados por las diferentes gamas de producto. Para la propuesta de la distribución de cubetas en la estantería se deberán tener en cuenta tanto sus pesos como las alturas a las que se situarán. La figura 5.9 muestra una representación de las estanterías para indicar sus alturas tomadas desde su centro de gravedad hasta el suelo.

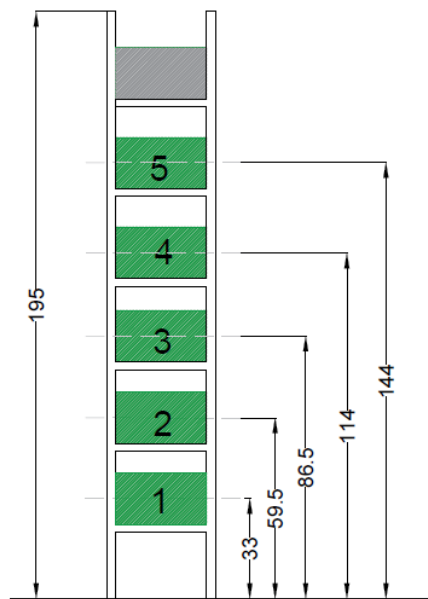


Figura 5.5: Representación de alturas de la estantería Kanban

Fue motivo de análisis la manipulación de pesos de la persona encargada de reponer, y por ello el análisis se dividió en las distintas zonas donde se desarrolla la reposición, contando cada zona con un reponedor diferente. Cobra únicamente importancia aquel de la zona de *células kits* debido a que solo tienen repercusión aquellas manipulaciones que impliquen pesos superiores a los 7Kg. Como observamos en la tabla 5.8, son los bobinados los que no cumplen esta condición, y por lo tanto no se analizará el riesgo para el reponedor de la zona *taller bobinados*. Sin embargo, esta regla no se aplica cuando se analiza una zona con un conjunto de pesos tanto superiores como inferiores a los 7Kg, manipulados por una sola persona. De ese modo se procede con el análisis de manipulación de pesos para la zona *células kits*.

Para dicho análisis se volvió a recurrir al histórico de pedidos de aprovisionamiento, obtenidos anteriormente para el Cálculo Kanban (apartado 5.2.2), al ser estos los pedidos que entraron a producción, y por tanto de ellos se puede obtener una aproximación de la frecuencia de uso de cada componente (kit y bobinado) de forma individual. Con estos datos, se dividió para cada referencia y para cada día, la cantidad de pedido por su cantidad de lote, para así obtener el número de cubetas manipuladas al día, como muestra la fórmula 5.5. A partir de sus resultados fue necesario hacer una media para poder continuar con los siguientes cálculos.

$$\text{Frecuencia al día (cubetas)} = \frac{\text{Cantidad por pedido (Uds.)}}{\text{Cantidad por lote (Uds./cubeta)}} \quad (5.5)$$

Al ser dos turnos al día la situación más desfavorable, se obtuvo a partir de la frecuencia al día la frecuencia al turno, dividiendo el primero por la mitad. Por último, fue preciso incluir las manipulaciones totales de la cubeta con peso. Estas son dos por cada uso, en las que se tiene en cuenta cuando la cubeta es transportada a la cabecera de la línea desde la estantería y cuando la cubeta es repuesta en la estantería desde las células. En el caso de las referencias vinientes de subcontratación, el número de manipulaciones será solo uno (de estantería a cabecera de línea) ya que son repuestas desde almacén por el conductor del tren. El análisis final se tiene en la tabla 5.9.

TABLA 5.9: Resultados del análisis de manipulación de pesos de la zona células kits

	REFERENCIA	GAMA	ALTURA	PESO (KG)	FRECUENCIA AL DIA	FREC. AL TURNO	MANIPULACIONES TOTALES
ESTANTERÍA 1 Y 2 KITS IDTIM	BBV15790	AD1 2P	2,3	8,16	28,19	14	14
	EAV68914	AD1 2P NBT	2,3	8,16	13,82	7	7
	BBV15797	AD2 4P	2,3,4	7,88	24,43	12	12
	EAV68919	AD2 4P NBT	2,3,4	7,88	29,85	15	15
	BBV15824	AD3 2P	5	8,16	0,86	1	2
	BBV15827	AD3 4P	5	7,88	11,13	6	12
	BBV15805	AD5 2P	1	8,16	4,21	2	4
	BBV15809	AD5 4P	1	7,88	8,11	4	8
	BBV15821	AD7 2P	2,3	8,16	6,77	3	3
	BBV15833	AD8 4P	2,3,4	7,88	23,90	12	12
	BBV15859	AD9 2P	1	8,16	0,03	0	0
	BBV15862	AD9 4P	1	7,88	0,26	0	0
	HRB46054	AD9 4P	1	7,88	0,78	1	2
	BBV15786	ACCU10 2P	2,3	9,5	1,26	1	2
	BBV15814	ACCU100 4P	1	9,56	0,16	0	0
	BBV15846	ACCU300 2P	4,5	9,5	0,18	0	0
	HRB46051	ACCU300 2P	2,3	9,5	0,72	1	2
	BBV15852	ACCU300 4P	2,3,4	9,56	2,43	1	2
	HRB46053	ACCU300 4P	1,2,3,4	9,56	2,63	1	2
	BBV15795	ACCU4 2P	1	9,5	0,05	0	0
	HRB46046	ACCU4 2P	2,3	9,5	2,44	1	2
	EAV68917	ACCU4 2P	4	9,5	0,21	0	0
	EAV68927	ACCU4 2P	2,3,4	9,5	4,48	2	4
	BBV15796	ACCU4 4P	4,5	9,56	0,17	0	0
	EAV69349	ACCU4 4P	1	9,56	0,00	0	0
	HRB46050	ACCU4 4P	3,4	9,56	0,38	0	0
	EAV68918	ACCU4 4P	2,3,4	9,56	2,05	1	2
	EAV68928	ACCU4 4P	2,3,4	9,56	3,57	2	4
	BBV15857	ACCU500 4P	4,5	9,56	0,24	0	0
	BBV15791	CSP2 2P	1	9	0,43	0	0
	BBV15792	CSP2 2P	5	9	0,61	1	2
	EAV68915	CSP2 2P NBT	5	9	2,83	1	2
	EAV68916	CSP2 2P NBT	2,3,4	9	4,37	2	4
	BBV15798	CSP2 4P	1	8,16	0,38	0	0
	EAV68920	CSP2 4P NBT	2,3,4	8,16	6,54	3	6
	EAV36607	MARINA 2P	1	9,5	0,02	0	0
	EAV68921	MARINA 2P	1	9,5	0,23	0	0
	EAV36611	MARINA 4P	1,2,3,4	9,56	2,25	1	2
	EAV68922	MARINA 4P	2,3,4	9,56	12,44	6	12
	S1A43799	INNA 4P	5	7,5	4,26	2	4
	S1A43083	INNA 2P	5	7,5	0,60	1	2
ESTANTERÍA KITS SURYA	EAV68934	AD1 2P NBT	2,3	8,16	11,62	6	6
	EAV68935	AD2 4P NBT	2,3	7,88	19,31	10	10
	BBV15824SUR	AD3 2P	1	8,16	0,00	0	0
	S1A82668	AD3 4P	1	7,88	0,09	0	0
	BBV15805SUR	AD5 2P	5	8,16	0,01	0	0
	S1A82387	AD5 4P	5	7,88	0,10	0	0
	S1A82458	AD7 2P	4	8,16	15,78	8	8
	S1A82542	AD8 4P	2,3,4	7,88	21,22	11	11



ESTANTERÍA ESPEJO BOBINADOS	S1B19819	ACCU10 2P	5	9,5	0,08	0	0
	S1B18677	ACCU100 4P	1	9,56	0,39	0	0
	S1A81754	ACCU300 2P	5	9,5	0,15	0	0
	S1A81939	ACCU300 4P	2,3,4	9,56	2,17	1	2
	EAV68930	ACCU4 2P	5	9,5	0,01	0	0
	EAV68938	ACCU4 2P	1	9,5	0,23	0	0
	EAV68931	ACCU4 4P	1,2,3,4	9,56	1,09	1	2
	EAV68937	ACCU4 4P	2,3,4	9,56	4,89	2	4
	S1B19495	ACCU500 4P	5	9,56	0,06	0	0
	EAV68932	CSP2 2P NBT	1	9	0,09	0	0
	EAV68936	CSP2 2P NBT	1,2	9	6,07	3	6
	EAV68926	CSP2 4P NBT	1,2,3,4,5	8,16	25,18	13	26
	EAV68925	MARINA 2P	5	9,5	0,00	0	0
	EAV68924	MARINA 4P	3,4	9,56	0,65	1	2
	AAV73195	AD5 2P	5	3,5	3,56	2	4
	AAV73184	AD5 4P	5	3,5	3,46	2	4
	BBV15803	AD3 2P	5	3,5	0,73	1	2
	BBV15804	AD3 4P	5	3,5	4,73	2	4
	AAV73192	AD9 2P	1	3,5	0,03	0	0
	AAV73179	AD9 4P	1	3,5	0,44	0	0
	BBV20758	ACCU10 2P	2,3,4	6,5	1,13	1	2
	BBV16119	ACCU4 2P	3,4	6,5	6,24	3	6
	BBV16120	ACCU4 4P	2,3,4	6,5	4,57	2	4
	BBV20932	ACCU100 4P	2,3,4	6,5	0,23	0	0
	AAV85966	ACCU300 2P	2,3,4	6,5	0,88	1	2
	AAV85976	ACCU300 4P	2,3,4	6,5	3,01	2	4
	AAV86357	ACCU500 4P	1,2	6,5	0,12	0	0
	HRB70960	ACCU4 2P NBT	2,3,4	6,5	0,01	0	0
	HRB70959	ACCU4 4P NBT	3,4	6,5	0,44	0	0
	BBV19948	CSP2 2P	2,3,4	3,5	7,63	4	8
	BBV19953	CSP2 2P	2,3,4	3,5	4,27	2	4
	BBV19941	CSP2 4P	2,3,4	3,5	13,05	7	14
	EAV22463	MARINA2P NBT	2,3,4	6,5	0,21	0	0
	EAV32402	MARINA4P NBT	2,3,4	6,5	6,46	3	6

A partir de estos resultados y teniendo en cuenta los datos ergonómicos suministrados, se propuso una primera distribución que fue consultada con los trabajadores de la línea. De su opinión y de acuerdo con sus condiciones laborales, se obtuvo la información de su preferencia de ubicaciones con acceso rápido en lugar de seguro.

En base a lo anterior, se consensuaron las siguientes normas en las que se llegó a una solución de compromiso entre las recomendaciones del departamento de Riesgos y los operarios (centrados en velocidad para maximizar rendimiento):

- Prohibida la ubicación de referencias de pesos superiores a los 9Kg y con más de 10 manipulaciones en los estantes 1 y 5.
- Se permite la ubicación de referencias de pesos entre los 7 y 9Kg y con más de 10 manipulaciones en los estantes 1 y 5, siempre y cuando estas existan también en los estantes intermedios.
- Se permite la ubicación de referencias de pesos superiores a los 9Kg y con entre 2 y 10 manipulaciones en los estantes 1 y 5, siempre y cuando existan estas también en los estantes intermedios.

- Las referencias que no cumplan los anteriores requisitos deberán estar ubicados según el criterio de uso para maximizar la ergonomía de la estantería, es decir, intentar ubicar aquellas de mayores manipulaciones en los estantes intermedios.

Además, será muy importante una organización lógica de las referencias en las estanterías para evitar una situación caótica donde la reponedora tenga que estar invirtiendo tiempo en la búsqueda de la ubicación correcta de destino. Esto generará movimientos innecesarios, que como se apuntó en el Capítulo de Bases Teóricas, son uno de los 7 desperdicios del Lean Manufacturing.

Después de tres iteraciones, la propuesta obtuvo una calificación de riesgo moderado bajo y esta fue aceptada por el departamento de Riesgos. Se concluyó el estudio de un seguimiento de la asistencia sanitaria del personal encargado de la manipulación de pesos, y en caso de ser necesario, la ampliación de más reponedoras por turno.

Se adjunta en el documento Anexos, la propuesta final de la distribución de las estanterías, que fueron organizadas agrupando según las diferentes gamas. En él, cada línea marca el inicio de los estantes a diferente altura, siendo los cuatro huecos de cada cuadrado la representación del ancho de la estantería, señalando cada ubicación individual. Vemos, por tanto, la representación de las cinco alturas destinadas a las localizaciones de las cubetas.

5.2.6 Diseño del sistema visual

El sistema de Kanban visual mediante paneles físicos pretende que la llamada a producir venga dada por las tarjetas Kanban y sus colores tendrán como objetivo marcar una priorización a la hora de programar la producción ya que esta vendrá ligada directamente a la necesidad que emane del Kanban definido.

Los paneles visuales tienen definidas una serie de tarjeteros para cada referencia la cual indican en qué estado se encuentra el supermercado. De esto se pretende que la gestión de la producción venga de forma visual a través de los colores rojo, amarillo y verde. Como se ha explicado en el capítulo de Bases Teóricas, la franja verde indicará que el Kanban de la referencia en concreto se encuentra en estado casi completo, el estado amarillo indicará que se está entrando en la zona de stock de seguridad definido para esa referencia, y la zona roja marcará que se tiene cubierto solo la parte correspondiente al tiempo de proceso. Para obtener la tabla de resultados 5.10, se emplearon las siguientes fórmulas:

$$ROJO = \frac{DD}{KB} \quad AMARILLO = \frac{SS - DD}{KB} \quad VERDE = \frac{K_{max} - SS - DD}{KB} \quad (5.6)$$

Siendo DD= Demanda diaria, SS= Stock de seguridad, K_{max} = Kanban máximo y KB= Cantidad por lote.

Es necesario destacar, que en estos cálculos solo se han incluido aquellas referencias que son montadas dentro de la propia fábrica, excluyendo todas aquellas provenientes de subcontratación (marcadas en azul en la tabla 5.1) debido a que estas serán aprovisionadas por el tren desde almacén siguiendo el flujo que explica la figura 5.15. Por este motivo, no serán incluidas en los paneles visuales al ser la trayectoria de su tarjeta Kanban diferente.

Tampoco tendrá panel visual la Estantería Espejo Bobinados, ya que el flujo de bobinados será como explica la figura 5.14. Por tanto, solo la Estantería Taller Bobinados la que cuente con un panel visual, el cual se situará en la zona *taller bobinados*.

TABLA 5.10: Resultados Kanban visual del Supermercado Kits

	KITS	GAMA	VERDE	AMARILLO	ROJO	TOTAL
IDTIM	BBV15824	AD3 2P	5	10	1	16
	BBV15827	AD3 4P	1	11	12	24
	BBV15805	AD5 2P	1	6	5	12
	BBV15809	AD5 4P	2	13	9	24
	BBV15859	AD9 2P	2	1	1	4
	BBV15862	AD9 4P	6	1	1	8
	HRB46054	AD9 4P	3	4	1	8
	BBV15786	ACCU100 2P	1	5	2	8
	BBV15814	ACCU100 4P	4	3	1	8
	BBV15846	ACCU300 2P	3	1	1	5
	HRB46051	ACCU300 2P	6	7	2	15
	BBV15852	ACCU300 4P	9	10	2	21
	HRB46053	ACCU300 4P	9	13	3	25
	BBV15795	ACCU4 2P	1	2	1	4
	HRB46046	ACCU4 2P	1	4	3	8
	EAV68917	ACCU4 2P NBT	2	1	1	4
	EAV68927	ACCU4 2P NBT	4	15	5	24
	BBV15796	ACCU4 4P	3	4	1	8
	EAV69349	ACCU4 4P	4	2	2	8
	HRB46050	ACCU4 4P	3	4	1	8
	EAV68918	ACCU4 4P NBT	13	8	3	24
	EAV68928	ACCU4 4P NBT	9	11	4	24
	BBV15857	ACCU500 4P	2	1	2	5
	BBV15791	CSP2 2P	3	4	1	8
	BBV15792	CSP2 2P	3	4	1	8
	EAV68915	CSP2 2P NBT	8	9	3	20
	EAV68916	CSP2 2P NBT	1	6	5	12
	BBV15798	CSP2 4P	3	4	1	8
	EAV68920	CSP2 4P NBT	9	0	7	16
	EAV36607	MARINA 2P	2	1	1	4
	EAV68921	MARINA 2P NBT	2	1	1	4
	EAV36611	MARINA 4P	6	23	3	32
	EAV68922	MARINA 4P NBT	8	11	13	32
	S1A43799	INNA 4P	5	5	6	16
	S1A43083	INNA 2P	5	2	1	8
SURYA	BBV15824SURYA	AD3 2P	2	1	1	4
	S1A82668	AD3 4P	5	2	1	8
	BBV15805SURYA	AD5 2P	2	1	1	4
	S1A82387	AD5 4P	5	2	1	8
	S1B19819	ACCU100 2P	2	1	1	4
	S1B18677	ACCU100 4P	3	1	2	6
	S1A81754	ACCU300 2P	2	0	2	4
	S1A81939	ACCU300 4P	13	3	3	19
	EAV68930	ACCU4 2P NBT	2	1	1	4
	EAV68938	ACCU4 2P NBT	2	1	1	4

EAV68931	ACCU4 4P NBT	7	7	2	16
EAV68937	ACCU4 4P NBT	1	10	5	16
S1B19495	ACCU500 4P	5	2	1	8
EAV68932	CSP2 2P NBT	2	1	1	4
EAV68936	CSP2 2P NBT	1	8	7	16
EAV68926	CSP2 4P NBT	1	15	16	32
EAV68925	MARINA 2P NBT	2	1	1	4
EAV68924	MARINA 4P NBT	4	3	1	8

TABLA 5.11: Resultados Kanban visual del Supermercado Bobinados

BOBINADO	GAMA	VERDE	AMARILLO	ROJO	TOTAL
AAV73195	AD5 2P	5	7	4	16
AAV73184	AD5 4P	4	7	3	14
BBV15803	AD3 2P	8	9	1	18
BBV15804	AD3 4P	4	6	5	15
AAV73192	AD9 2P	3	0	1	4
AAV73179	AD9 4P	4	2	1	7
BBV20758	ACCU10 2P	3	7	1	11
BBV16119	ACCU4 2P	19	15	4	38
BBV16120	ACCU4 4P	16	18	5	39
BBV20932	ACCU100 4P	1	1	1	3
AAV85966	ACCU300 2P	8	9	1	18
AAV85976	ACCU300 4P	9	9	3	21
AAV86357	ACCU500 4P	6	1	1	8
HRB70960	ACCU4 2P NBT	2	1	1	4
HRB70959	ACCU4 4P NBT	3	3	1	7
BBV19948	CSP2 2P	7	17	8	32
BBV19953	CSP2 2P	6	11	4	21
BBV19941	CSP2 4P	2	26	14	42
EAV22463	MARINA2P NBT	7	3	1	11
EAV32402	MARINA4P NBT	5	20	6	31

Para el diseño de los paneles visuales es necesario primero el entendimiento de su funcionamiento, ya que estos seguirán una lógica inversa, en la que un panel sin tarjetas significará una estantería completa. Es decir, cuando los tarjeteros se encuentren vacíos, la estantería estará llena con las cubetas definidas en el supermercado, por lo que no se tendrá señal de fabricación. En caso de seguir fabricando, se estaría sobre produciendo, desperdicio que el Kanban trata de eliminar al haber definido una cantidad máxima, y en este caso no existirá ubicación para dicha cubeta de más.

El caso contrario, un panel con tarjetas significará una necesidad de producir, donde se comenzaría colocando las tarjetas en los tarjeteros verdes hasta llegar a los rojos. De esta forma, la coloración de los tarjeteros simula un semáforo.

Como prototipo se realizaron primero unas representaciones gráficas para apreciar como quedarían los paneles Kanban previos a su implantación. Estos simulan unos paneles como el representado en la figura 5.9, donde cada tarjetero lleva en la parte superior externa un cartel plastificado con su referencia. Se tiene, por tanto, un panel de 1,10m que permite hasta un máximo de 27 tarjeteros por columna, situada su parte superior a 1,60m del suelo.

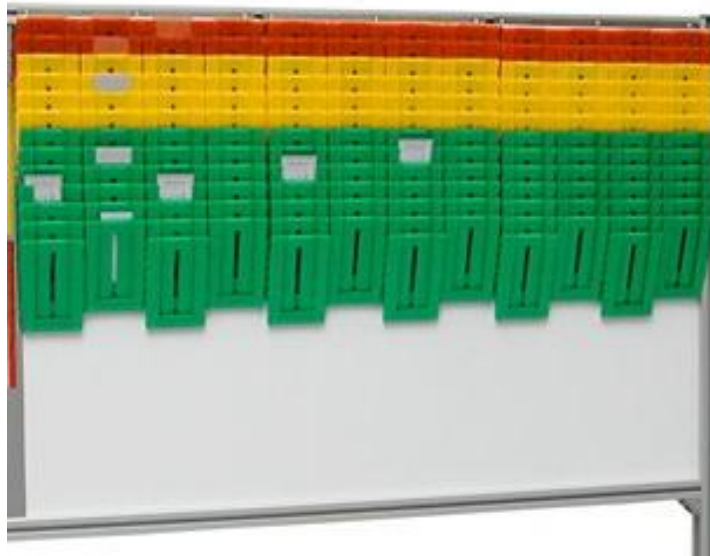


Figura 5.9: Paneles Kanban visual

Como primera propuesta se elaboró el prototipo de la figura 5.10. Se pensó que para mayor visibilidad, primaría un panel compacto. Debido a ello, se agruparon aquellas referencias que tenían atribuidas pocos tarjeteros (como las indicadas en el ejemplo A). A su vez, para asumir la limitación de tarjeteros por columna, aquellas referencias que precisaban de más tarjeteros se colocaron en su fila derecha, donde empezaban 3 alturas por debajo para facilitar su reconocimiento (indicado en el ejemplo B). Todo ello respetando la ordenación por familias para facilitar a los responsables, la elección a la hora de tener en cuenta posibles cambios de lote.

Figure 1: Schematic representation of the 120000 SNPs genotyped in the 1000 Genomes Project. The figure consists of two panels, (A) and (B), each showing a grid of SNPs across 24 chromosomes (AD3 to MARINA). Panel (A) shows a dense distribution of SNPs, while Panel (B) shows a sparser distribution. The SNPs are color-coded: red for SNPs with a minor allele frequency (MAF) < 0.05, yellow for MAF > 0.05, and green for SNPs with a MAF > 0.05 and a p-value < 0.05. The SNPs are also labeled with their IDs, such as rs1042552, rs1042553, rs1042554, etc.

Figura 5.10: Primera propuesta de panel Kanban

Esta propuesta fue rechazada ya que ambas indicaciones señalan elementos erróneos en un panel Kanban. Para la propuesta definitiva, estos errores se corrigieron de la siguiente manera:

- (A)** Las referencias posicionadas como las señaladas se colocaron en la parte superior, ya que teniendo espacio suficiente donde ampliar la extensión del panel era más visual tener todas las franjas rojas a la misma altura.

- (B) Las referencias similares a la señalada fueron sustituidas por una doble columna, donde una misma referencia está representada en dos columnas contiguas con los cambios de franja en paralelo. Con esta solución, vino una modificación asociada donde las referencias con números impares de tarjeteros por color se modificaron según la situación más conservadora para evitar interrupciones en las franjas. Como muestra la figura 5.11 esta modificación fue la de cambio de tarjetero amarillo por rojo, y de verde por amarillo.

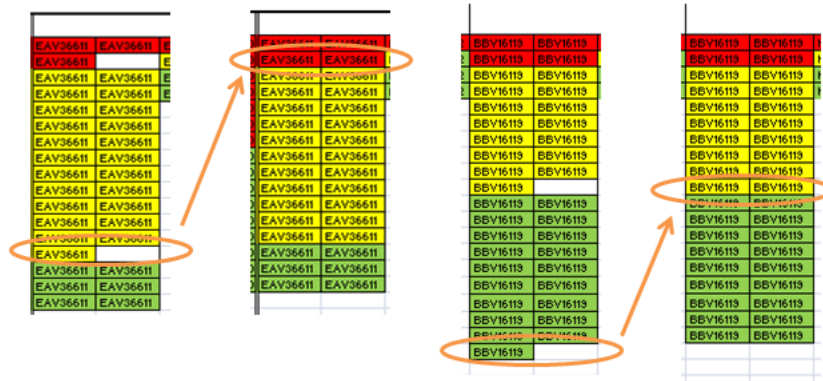


Figura 5.11: Modificación tarjeteros impares

Con 13cm de ancho por cada tarjetero, se tiene un panel para el Supermercado Kitsde56 columnas (37 de las cuales son para referencias IDTIM y 19 para SURYA), sumando un total de 7,28m y un panel de 25 columnas para el Supermercado Bobinados con una longitud de 3,25m. En el documento Anexos, se muestra la representación de cómo quedó la propuesta final de los paneles Kanban.

La localización de los paneles se escogió en la zona más próxima posible tanto a los supermercados como a los puestos de ensamblaje de kits y bobinados. Esto persigue dos objetivos:

- Fácil visualización para los operarios de la situación del supermercado sin un excesivo desplazamiento desde su puesto de trabajo.
- Reducción de los desplazamientos del reponedor entre estantería, panel y cabecera de línea en el caso de los kits, o tren para el caso de los bobinados.

El Plano 3, Distribución en Planta tras la Implantación del Supermercado IDTIM & SURYA, muestra la localización de los supermercados al completo, tanto sus estanterías como sus paneles visuales.

5.2.7 Tarjetas Kanban

La figura 5.12 muestra un ejemplo de la etiqueta Kanban que será utilizada en los supermercados. Esta contiene la información imprescindible para el proceso, de la que se puede obtener de forma rápida:

- qué se va a producir → Referencia
- en qué cantidad → Cantidad de lote
- donde se guardará → Ubicación

Los dos primeros datos también vendrán dados en formato código de barras para llevar un control informático de las piezas fabricadas y las que se han gastado para su fabricación.

Además incluye la descripción del material para facilitar su ubicación en de las estanterías, ya que como se ha comentado con anterioridad estas van distribuidas por gamas de producto, así como la cantidad de tarjetas por referencia, que facilitará su identificación en caso de pérdida.



Figura 5.12: Tarjeta Kanban

5.2.8 Descripción del modo de trabajo con tarjetas Kanban

La meta que persigue este proyecto es el funcionamiento del Kanban a partir de una gestión visual, mediante paneles segmentados por colores, creando el bucle de la figura 5.13.

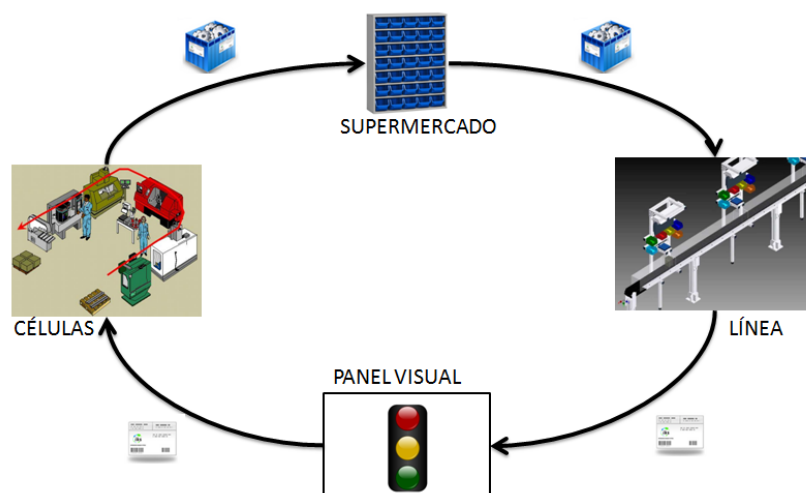


Figura 5.13: Bucle Kanban Supermercado Kits

Este funcionará de la siguiente manera para los kits:

- ❖ Las células se encargarán de la fabricación de subconjuntos, que una vez completado el lote guardarán en una cubeta y proveerán al supermercado según su necesidad.
- ❖ El supermercado albergará, según su dimensionamiento, todas las referencias que puedan ser demandadas por el siguiente proceso, convirtiéndose en suministrador de la línea de ensamblaje.
- ❖ Una vez vaciada la cubeta, su tarjeta Kanban pasará a los tarjeteros del panel visual, siempre empezando por la zona verde.
- ❖ En el panel, serán los colores los que marquen lo que necesita ser fabricado, actuando como 'cliente' para las células.

En el caso de los bobinados, el funcionamiento será según lo explicado en el apartado 5.2.3 y su bucle Kanban será doble, como muestra la figura 5.14.

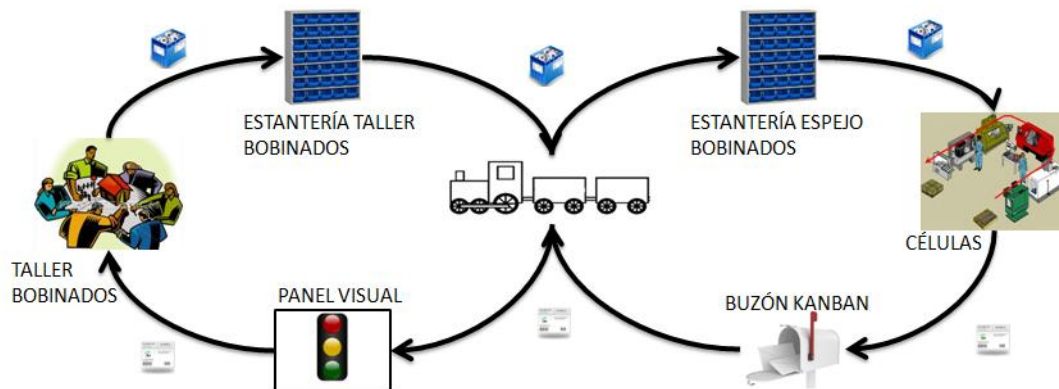


Figura 5.14: Bucle Kanban Supermercado Bobinados

El panel visual, como se comentó anteriormente, incluye unos niveles de prioridad definidos por los colores rojo, amarillo y verde. Serán los encargados de cada célula los que se acercarán a estos paneles para saber que deberán producir durante su turno. Para conseguir un ahorro a la hora de cambios de serie, cada célula se encarga de sus familias de producto, sin embargo todas están diseñadas para poder abarcar la fabricación de todas las familias existentes.

En esta fase del proceso, será cuando se utilice el criterio de los colores, donde cada responsable priorizará la fabricación de referencias de la familia que ensamble su célula que haya llegado a su zona roja antes que otra que siga en la zona verde o incluso en la amarilla. Del mismo modo, se priorizará el amarillo al verde. Como excepción, en caso de que otro producto no perteneciente a la familia que se fabrique en la célula se encuentre en su zona roja, se deberá preguntar al encargado de dicha célula sobre su estado, y en base al tiempo y coste de cambio de producto se decidirá si la célula sigue fabricando referencias de su familia o ayuda con otras más urgentes.

A su vez, será necesario establecer un segundo criterio el cual va ligado a la eficiencia del proceso de las células. Este será la continuación de la fabricación de la referencia hasta completar todas las cubetas y posteriormente pasar a otra referencia asegurando no poner en peligro la continuidad del proceso siguiente, o alternar las fabricaciones de las referencias

afectadas hasta que en todas ellas se encuentren en la zona verde. También aquí se deberá tener en cuenta el tiempo de cambio de serie, aun dentro de la misma familia, y será el propio operario conocedor de este tiempo el que tomará la decisión que crea conveniente.

En caso de existir una gran cantidad de referencias en la zona roja o se tenga un gran pedido urgente, el criterio de elección ira marcado por el Jefe de Equipo, encargado de la planificación de producción diaria de la línea.

Las tarjetas deberán ser retiradas de los tarjeteros según el orden que se haya decidido ejecutar la fabricación. Una vez completa la cantidad marcada por la cubeta con su tarjeta que habrá viajado junto a ella, se procederá a su colocación en el supermercado, continuando así con el bucle Kanban previamente comentado.

Por su parte, para aquellos kits que vengan de subcontractistas, tendrán el bucle Kanban mostrado en la figura 5.15. Este actuará de forma que la necesidad que emane del propio supermercado, una vez sea una cubeta retirada para su utilización en la línea, actuará como consumidor de la propia referencia y será el almacén el que proveerá esta necesidad. De esta forma, al ser retirada una cubeta de la estantería, su tarjeta se colocará en el correspondiente buzón para que a su paso, el tren se la lleve al almacén para devolver la cubeta completa a su siguiente vuelta. En este caso, la tarjeta Kanban que se muestra en la figura 5.12, incluirá bajo el título ubicación, otra segunda asignación denominada 'origen' donde identificará la ubicación que tenga asignada en el almacén.

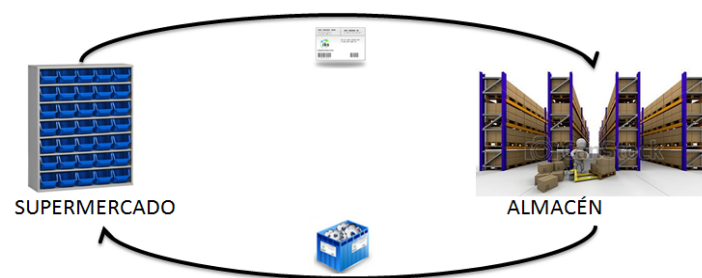


Figura 5.15: Bucle Kanban de referencias subcontractadas

5.2.9 Aplicación informática

Para el control informático del inventario en la línea, antes de la realización del proyecto se tenían dos procesos realizados mediante pistola.

- 1) El tren pasaba el código de barras por la pistola cada vez que este hacía un traspaso de materiales de almacén a taller. Al ser el aprovisionamiento de materia prima mediante Kanban, el conductor del tren introducía la respectiva tarjeta Kanban en el lector para que se registraran en SAP la inyección de materiales a la línea.
- 2) Una vez completo un lote de producto acabado, empaquetado y preparado para su expedición, la persona encargada del embalaje era responsable de pasar la pistola por el código de barras que llevase la etiqueta de este producto. Era entonces cuando, informáticamente, se notificaba la existencia de este producto final y a partir de este se descontaban todas las piezas que colgasen de su lista de materiales. Automáticamente, este era traspasado un almacén virtual esperando a ser introducido al camión para su transporte a su correspondiente centro de distribución.

En la situación inicial, donde se tenía un proceso manual que trabajaba a un ritmo más rápido que su proceso posterior, al que se le tuvo que añadir un almacén intermedio, no existía un control informático del estado de este WIP (inventario de componentes) acumulado. Informáticamente no se sabía si este era en forma de materiales sueltos o por el contrario estaban unidos formando un subconjunto, cosa que generaba descuadres del inventario físico con el informático, estrechamente vinculado al pago de faltas y dificultando la búsqueda del problema raíz. Estas eran situaciones en las que, por ejemplo, un proveedor entregaba un material con retraso y a causa de ello no se podía completar un producto. Sin embargo, el sistema informático dictaba que si era posible fabricarlo ya que este material se encontraba disponible en el taller cuando en realidad este formaba, juntos con otros un subconjunto inseparable, no notificado.

Mediante la implantación de supermercados se pretende añadir procesos intermedios al explicado anteriormente, en los que se conseguiría un mayor control informático del WIP y a la vez se evitarían situaciones como la comentada en el párrafo superior. Este proceso será el siguiente:

- 1) El tren pasará el código de barras por la pistola cada vez que este haga un traspaso de materiales de almacén a taller. Al ser el aprovisionamiento de materia prima mediante Kanban, el conductor del tren introducirá la respectiva tarjeta Kanban en el lector para que se registren en SAP la inyección de materiales a la línea.
- 2) Una vez montado el lote de subconjuntos y almacenados en una cubeta, será notificado por pistola mediante los códigos de barras de su tarjeta Kanban, en el momento en el que se coloquen en su respectiva ubicación del supermercado. En este proceso, informáticamente se descontarán del taller todas aquellas piezas que cuelguen de la lista de materiales del subconjunto en cuestión, añadiendo así la cantidad de dichos subconjuntos. De este proceso se encargará la reponedora.
- 3) Por último, completo el lote de producto acabado, empaquetado y preparado para su expedición, la persona encargada del embalaje será responsable de pasar la pistola por la etiqueta de este producto. Es entonces cuando, informáticamente, se notificará la existencia de este producto final y a partir de este se descontarán únicamente los subconjuntos previamente notificados y demás componentes que se le hayan añadido a posteriori. Automáticamente, este será traspasado a un almacén virtual esperando a ser introducido al camión para su transporte a su correspondiente centro de distribución.

Explicado el proceso informático, será necesario incluir la cantidad de pistolas como de supermercados independientes existan. En el caso de este proyecto serán dos, una para el supermercado de la zona *células kits* y otra para el de *taller bobinados*. Esta inversión fue contemplada durante el proceso de propuesta del proyecto.

De la implantación informática se encargó el departamento de informática, conocedores del lenguaje de programación de SAP, y este, descrito de forma simple trato de la reescritura de las listas de materiales de los productos de las líneas IDTIM y SURYA. Esto es, la creación de 53 listas de materiales de kits (excluyendo los 10 que vienen de subcontratación al ser considerados como materia prima), 20 de bobinados, y la reducción de todas las piezas que estén incluidas dentro de estas en sus respectivos productos acabados.

5.3 TEMPORALIZACIÓN DE LA EJECUCIÓN

La figura 5.16 muestra la evolución del proyecto ‘Supermercado Kanban IDTIM & SURYA’. Estas fueron las fechas en las que se desarrollaron cada uno de los episodios descritos con anterioridad.

Es preciso añadir que tanto la implantación física del supermercado Kanban como la informática, fueron demoradas a un mes más tarde de la reunión de cierre de proyecto debido a la espera de la compra de materiales y al apilamiento de stock. Dado que la implantación del siguiente proyecto implica una reorganización de la distribución actual y para facilitar y agilizar el proceso del día de implantación, será necesario parar la fabricación en células para interrumpir el flujo de material sin cortar la salida de producto acabado por la línea. Por ello, para este último periodo, se organizó un incremento de volumen de fabricación de kits y bobinados para poder cubrir su demanda durante el día de implantación.

Una vez finalizada la implantación, también se programó un último episodio de seguimiento con una duración de tres semanas. Esto implicará que durante este tiempo se tendrá a alguien controlando la evolución del supermercado; dicha persona se encargará de supervisar el correcto funcionamiento de estanterías y paneles por parte del personal encargado de su uso, así como de resolver cualquier tipo de duda. También se ocupará de controlar que el cálculo realizado para el Kanban se ajuste a la demanda actual, verificando que el número de cubetas esté de acuerdo con la rotación que tiene su contenido. De esta forma, cualquier problema en cuanto a dimensionamiento podrá solucionarse con inmediatez.

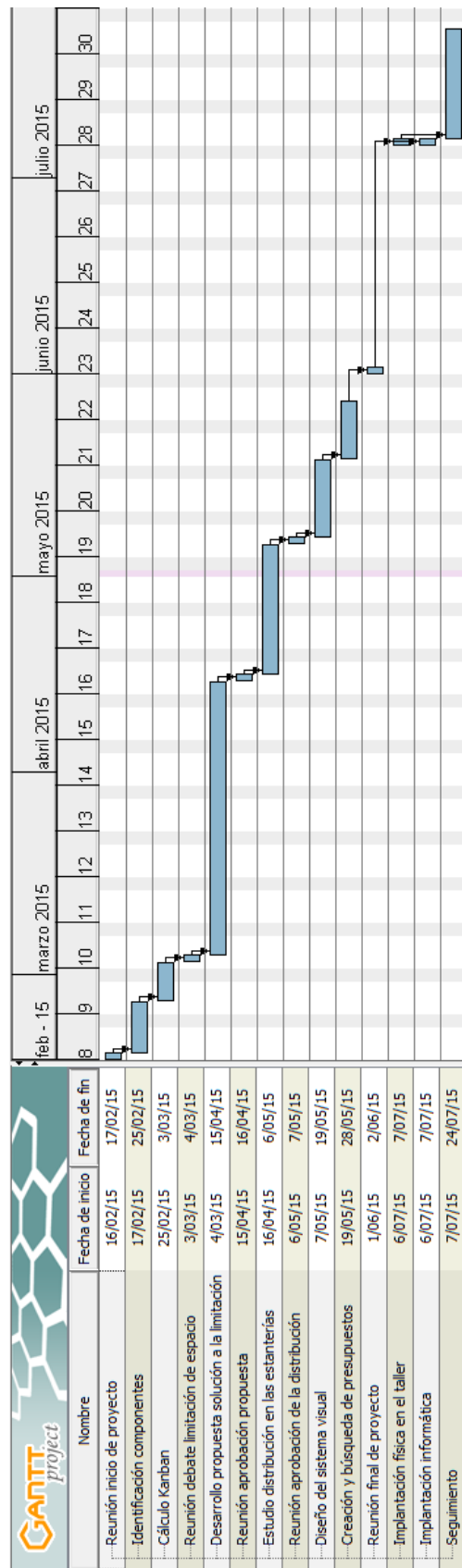


Figura 5.16: Evolución del proyecto por semana

5.4 CONCLUSIÓN

Con la implantación de este proyecto se obtendrán muchas de las metas que persigue el Lean Manufacturing.

La instalación de estos supermercados en la cadena de producción servirá para desvincular los procesos de antes y después, de forma que estos puedan ser independientes. Esto supondrá que tanto el montaje manual como el posterior montaje más automatizado puedan llevar su propio ritmo de fabricación, sin estar el primero condicionado por el cuello de botella del segundo; de esta manera se aumentará la productividad de la línea. Además, con esto vendrá asociada la posibilidad de reducir la fabricación en células de 3 a 2 turnos, aumentando el volumen de producción en los turnos de mañana y tarde y con las células funcionando al máximo rendimiento, siempre y cuando lo permita el flujo de material de entrada a las mismas.

Un correcto dimensionamiento de las estanterías permitirá tener controlado el nivel de inventario a lo largo de la cadena productiva. El establecimiento de un nivel máximo de stock conllevará a reducir la tendencia de sobre producir referencias de alta rotación, frente a otras de menos rotación. Junto a esto, la ordenación de la estantería por gamas también reducirá los tiempos de búsqueda de cubetas. De esta forma se evitarán los recurrentes desperdicios identificados por la producción ajustada: sobreproducción y movimientos innecesarios.

Asimismo, el aumento de la eficiencia de los procesos productivos vendrá estrechamente ligado a la reducción de roturas de stock. Con la reducción del tiempo de fabricación del producto, ya que los pedidos de cliente entrarán directamente al supermercado (como explica la figura 3.9), será posible anticiparse a cualquier disfunción de aguas arriba del proceso productivo y actuar antes de que este repercuta aguas abajo. Cumpliendo los anteriores objetivos, la satisfacción del cliente se verá mejorada notablemente.

La visualización de los paneles Kanban fomenta la autonomía del operario, donde se les deja de tratar como simples encargados del trabajo repetitivo, ofreciéndoles la posibilidad de tomar decisiones a la hora de la priorización en el orden de fabricación, ya que se entiende que al fin y al cabo son ellos los que de forma diaria trabajan con las máquinas y tendrán el criterio suficiente para llevar a cabo esta tarea. Dar mayor poder de juicio a los operarios será, por lo tanto, un valor añadido que se verá expresado en mayor motivación.

Por último, este proyecto conseguirá también un mayor control informático del inventario del propio taller, donde se tendrá identificado exactamente la cantidad de cada material, sea pieza o subconjunto formado por varias piezas. Gracias a ello se conseguirá que el flujo informático de materiales sea más parecido al flujo físico, alcanzando así una mayor fiabilidad del inventario

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES

6.1 FUTURAS LÍNEAS DE TRABAJO

6.1.1 Seguimiento continuo

Para controlar la evolución del proyecto, se creó un fichero para cada uno de los supermercados (Supermercado Kits y Supermercado Bobinados), que servirá como base de datos para recopilar su seguimiento durante su inserción a la línea y adaptación al proceso. Se pretende que de ellos se puedan identificar los problemas que surjan, en especial, aquellos que no fueron considerados durante su implantación y que repercutan de forma significativa, y por tanto, necesiten de una solución.

Estos ficheros se diseñaron de forma que, semanalmente se pudiesen rellenar después de la realización de un inventario que servirá como foto de situación. En ellos se incluirá la cantidad de cada referencia que se encuentra en el supermercado, y además se deberá de añadir un motivo a todas aquellas referencias que se encuentren tanto en zona roja como amarilla, especialmente si sus productos acabados han sufrido una rotura de stock durante la semana.

Con tal de estandarizar la identificación de motivos, en las columnas diseñadas para incluir este motivo se insertó un desplegable, donde solo se pudiera escoger de entre los siguientes:

- Problemas de calidad
- Falta de recursos
- Falta de materia prima
- Averías
- Consumo elevado
- Otros

La recopilación de los datos permitirá la obtención semanal de los motivos de escasez más representativos, así como la comparativa entre semanas. Con ello, la identificación de problemas en la fabricación manual de subconjuntos aguas arriba del proceso de fabricación posibilitará llevar a cabo planes de acción efectivos para solventarlos, repercutiendo en una mejoría del proceso aguas abajo de la cadena. Será también posible, un seguimiento de la evolución individual de piezas problemáticas o motivos persistentes.

Además, el procedimiento incluye los pasos descritos en el apartado Cálculo Kanban del Capítulo 5, para que el monitor de las líneas vuelva a calcular la cantidad de tarjetas Kanban cada dos meses. Con esto se pretende que el supermercado sea flexible ante cambios en la demanda y la línea pueda adaptarse rápidamente a ello. Esto le atribuirá la capacidad de controlar a la fábrica los plazos de entrega y tiempos de espera de los productos IDTIM y SURYA, repercutiendo en la satisfacción de los clientes. Además, aportará una visión clara de situación, lo que permitirá un más fácil ascenso en el ranking SPS, dentro de la sección estrategia de reaprovisionamiento, comentado en la figura 4.4.

6.1.2 Propuesta de distinción de referencias MTO

Mediante la ejecución del seguimiento comentado anteriormente se conseguirá que el supermercado adquiera el suficiente nivel de rendimiento para que, con el tiempo, la fábrica se pueda permitir la decisión de tomar acciones con aquellos productos MTO del Kanban.

De forma teórica, estos productos deberían producirse a partir de un pedido de cliente, según el ciclo de la figura 3.12. Los datos revelados por el análisis de roturas de stock fueron decisivos para que el departamento de Gestión quisiese eliminar este 11% de las roturas de MTOs. De esta forma, con su inclusión en el supermercado, se consigue que estas referencias pasen a ser de fabricación mixta, al tener sus subconjuntos en forma de stock esperando a que llegue el pedido del cliente para poder ser completado, y así el tiempo de espera del producto se reduce.

Al estar estas referencias incluidas en el supermercado conlleva a que estos productos, que no son consumidos de forma regular, pasen un tiempo excesivo en las estanterías esperando a que entren pedidos de su producto. Asimismo, el que su flujo Kanban pase por el panel puede interferir en producciones más urgentes, ya que llegando esta a su franja roja podrá ser priorizada su fabricación a la de otra que este aún en su franja amarilla, pero sin embargo sea consumida de forma diaria. Esto traerá consigo un malgasto de tiempo en productos no urgentes, además de malgastar tiempo en cambios de serie.

A corto plazo, la solución de incluir las referencias de productos MTO en el Kanban llevará a la reducción de roturas de stock, sin embargo las anteriores situaciones comentadas, a largo plazo se verán como puntos negativos o erróneos en el funcionamiento del supermercado. Para su optimización se proponen dos opciones:

- I. Retirar por completo las referencias de productos de fabricación contra pedido del supermercado. Un supermercado funcionando de forma eficiente conseguirá dominar la producción de sus productos. A mayor capacidad de flexibilidad de producción de este, permitirá que la línea pueda mantener su nivel de producción de MTS e incluir a la vez aquellos que entren como MTO. De esta forma, se conseguirá además una reducción del WIP.
- II. Como segunda opción también se puede plantear distinguir las referencias MTO de las MTS, por ejemplo con tarjetas Kanban de diferente color. De esta forma, una vez estas tarjetas se introduzcan en los paneles visuales, aunque estén en su parte roja, la persona responsable de la elección de la priorización de fabricación sabrá que esta referencia no es urgente y podrá continuar con otras que sí lo sean. Solo en el caso de que todas las referencias MTS estén dentro de su franja verde, se comenzará a producir aquellas que sean MTO.

6.2 CONCLUSIONES

A continuación se detallarán las conclusiones obtenidas tras la realización de unas prácticas en empresa en relación con el tema objeto del trabajo.

Son muchos los beneficios que empresas de tal envergadura como lo es Schneider Electric pueden obtener de la utilización de las herramientas que propone el Lean Manufacturing. En el caso del supermercado Kanban estudiado en este Trabajo Final de Grado estos son:

- Reduce los niveles de inventario
- Reduce el WIP (Trabajo en proceso)
- Minimiza los desperdicios (sobreproducción, tiempos de espera, movimientos innecesarios)
- Control de la ubicación de materiales
- Provee información rápida y precisa
- Provee organización y flexibilidad en la producción
- Incrementa la eficiencia de procesos
- Fomenta la calidad del producto
- Reducción de tiempos de espera
- Minimiza roturas de stock
- Incentiva la autonomía
- Identifica las zonas susceptibles de mejora
- Se adapta a variaciones en la demanda
- Se mejora el control informático del inventario

Al practicar esta filosofía, Schneider Electric invierte muchos recursos para enfrentarse a retos nuevos de forma constante con el principal objetivo de buscar mejoras a todos los procesos a lo largo de la cadena productiva.

Para alcanzar estas metas y evitar demoras en los cambios físicos de la planta se cuenta con instalaciones móviles y de fácil desplazamiento. Es gracias a ello por lo que cualquier cambio necesario en la reubicación de espacios, como en este caso la inclusión de estanterías supermercados y paneles visuales, se pueda producir de forma sencilla y rápida, sin que suponga excesivas complicaciones técnicas.

La estandarización y señalización de las instalaciones también juegan un papel fundamental en la aplicación del sistema Lean. Por ser un método intuitivo, esto permite un fácil reconocimiento de las disfunciones por parte del personal, aun sin tener una formación específica en el tema. Esta se considera una técnica conveniente por su facilidad de comprensión.

Es muy importante concienciar a todos en la aplicación práctica de este sistema y para ello la empresa tiene la obligación de formar a los empleados así como de mantener el sistema en óptimas condiciones.

Durante la implantación del proyecto 'Supermercado Kanban IDTIM & SURYA' se puso de manifiesto un conflicto de intereses entre velocidad y seguridad a la hora de la propuesta en la distribución de pesos en las estanterías. Aquí se vio el interés particular de los empleados que

primaban la ejecución rápida de su trabajo sin considerar el factor de riesgo físico que implica esta rutina a largo plazo. Para solventar esto, la empresa admitió un margen razonable en su aplicación para unificar los intereses de ambas partes, sin llegar a ser completamente estrictos con la teoría.

Con lo explicado anteriormente, se demuestra el valor que tiene en la empresa la opinión de todas las partes implicadas en el proceso, donde cada uno es bienvenido a aportar nuevas ideas que puedan suponer una mejora. Es por ello que durante el transcurso de dicho proyecto se consultaron opiniones y sugerencias tanto en los departamentos competentes como a pie de planta.

Para cualquier empresa, también son importantes las mejoras de las bases de datos con las que se trabaja. Por ello, la actualización de la información se vuelve imprescindible. Especialmente aquellas empresas que experimentan un crecimiento muy rápido o reajustes recurrentes donde se modifican listas de materiales, o se renombran referencias por cambios tecnológicos en sus componentes, deberían contar con actualizaciones dinámicas de las bases de datos, para tenerlas siempre ajustadas a la realidad. Durante la identificación de componentes en los inicios del proyecto, se detectó que en empresas con bases de datos muy grandes, el no prestarle la suficiente atención a su mantenimiento, complica y ralentiza la correcta obtención de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDERSON, David J. *Cambio Evolutivo Exitoso Para su Negocio de Tecnología*. 1ª ed. Blue Hole Press, 2011. 286 p. ISBN-10: 0984521437
- ANGELES ESTRADA, Job. *Sistema Kanban como una ventaja competitiva en la micro, pequeña y mediana empresa*. Director: Gumercindo Frago Contreras. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, 2006.
- Art of Lean, Inc. *TPS Handbook* (en línea). Disponible en: http://www.artoflean.com/files/Basic_TPS_Handbook_v1.pdf (Fecha de consulta: 30 de marzo de 2015)
- CABRERA CALVA, Rafael. *Kanban: tarjetas de instrucción paso a paso y principales variantes* (en línea). Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/kanban-paso-a-paso/> (Fecha de consulta: 06 de abril de 2015)
- Catalec. *Mejora Lean* (en línea). Disponible en: <http://www.caletec.com/consultoria/lean/> (Fecha de consulta: 29 de marzo de 2015)
- Documentación interna de Schneider Electric
- HERNANDEZ MATÍAS, Juan Carlos y VIZÁN IDOLPE, Antonio. *Lean Manufacturing: Conceptos, Técnicas e Implantación*. 1ª ed. Madrid: Libro digital, 2013. 174 p. ISBN: 978-84-15061-40-3
- Manual de Ergonomía de Schneider Electric
- PERONA Luis. *Lean Logistics Execution: Kanban y supermercados* (en línea). Disponible en: <http://leanlogisticsexecution.blogspot.com.es/2011/04/kanban-y-supermercados-como-utilizarlos.html> (Fecha de consulta: 06 de abril de 2015)
- PERONA Luis. *Lean Logistics Execution: Principios TPS* (en línea). Disponible en: <http://leanlogisticsexecution.blogspot.com.es/2011/02/principio-3-utilice-sistemas-pull-para.html> (Fecha de consulta: 30 de marzo de 2015)
- ROTHER Mike y SHOOK John. *Learning to See*. 1a ed. Lean Enterprise Institute, Inc, 2003. 112 p. ISBN: 0-9667843-0-8
- *Schneider Electric España*. Disponible en: <http://www.schneider-electric.com/es/es/>

VALENCIA

| 2015

DOCUMENTO II: ANEXOS

DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORAS DE PROCESOS PRODUCTIVOS Y LOGÍSTICOS EN UNA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE MATERIAL ELÉCTRICO (SCHNEIDER ELECTRIC)

AUTOR:

ESTHER HERRANZ ROIG

TUTOR:

JULIO JUAN GARCIA SABATER

ESTANTERÍA 1 KITS	
-------------------	--

CUBETAS VACIAS

[illegible]

ESTANTERIA 2 KITS

CUBETAS VACIAS

[illegible]

CSP

ESTANTERÍA ESPEJO BOBINADOS	
-----------------------------	--

CUBETAS VACIAS

AD	AAV73184	AAV73184 AAV73184	AAV73184 AAV73184	AAV73195 AAV73195	AAV73195 AAV73195	AAV73195 AAV73195	AAV73195 AAV73195	BBV15803 BBV15803	BBV15803 BBV15803	BBV15803 BBV15803	BBV15803 BBV15803	BBV15804 BBV15804	BBV15804 BBV15804	BBV15804 BBV15804	AD	
ACCU	AAV85976	BBV20758	BBV16119	BBV16119	AAV85966	BBV16120	BBV20932	HRB70959	HRB70960	BBV19953	BBV19941	BBV19948	BBV19948		MARINA	
	AAV85976	BBV20758	BBV16119	BBV16119	AAV85966	BBV16120	BBV20932	HRB70959	HRB70960	BBV19953	BBV19941	BBV19948	BBV19948	EAV32402		
	AAV85976	BBV20758	BBV16119	BBV16119	AAV85966	BBV16120	BBV20932	HRB70959	HRB70960	BBV19953	BBV19941	BBV19948	EAV22463	EAV32402		
	AAV85976	BBV20758	BBV16119	BBV16119	AAV85966	BBV16120	BBV20932	HRB70959	HRB70960	BBV19953	BBV19941	BBV19948	EAV22463	EAV32402		
	AAV85976	BBV20758	BBV20758	AAV85966	AAV85966	BBV16120	BBV20932	AAV86357	HRB70960	BBV19953	BBV19941	BBV19948	EAV22463	EAV32402		
AD	AAV73192	AAV73192	AAV73192	AAV73192	AAV73179	AAV73179	AAV73179	AAV86357		BBV19953			EAV22463	EAV22463		
	AAV73192	AAV73192	AAV73192	AAV73192	AAV73179	AAV73179	AAV73179	AAV86357	AAV86357	BBV19953			EAV22463	EAV22463		
										CSP						

ESTANTERÍA SURYA

CUBETAS VACIAS

AD5	BBV15824SUR	S1A82387	S1A82387	EAV68930	S1B19495	S1B19495	S1B19819	S1A81754	EAV68925	EAV68926	EAV68926
	BBV15824SUR	S1A82387	S1A82387	EAV68930	S1B19495	S1B19495	S1B19819	S1A81754	EAV68925	EAV68926	EAV68926
	BBV15824SUR	S1A82387	S1A82387	EAV68930	S1B19495	S1B19495	S1B19819	S1A81754	EAV68925	EAV68926	EAV68926
	BBV15824SUR	S1A82387	S1A82387	EAV68930	S1B19495	S1B19495	S1B19819	S1A81754	EAV68925	EAV68926	EAV68926
	S1A82542	S1A82542	S1A82458	S1A82458	EAV68931	S1A81939	EAV68937	EAV68937	EAV68924	EAV68926	EAV68926
	S1A82542	S1A82542	S1A82458	S1A82458	EAV68931	S1A81939	EAV68937	EAV68937	EAV68924	EAV68926	EAV68926
	S1A82542	S1A82542	S1A82458	S1A82458	EAV68931	S1A81939	EAV68937	EAV68937	EAV68924	EAV68926	EAV68926
	S1A82542	S1A82542	S1A82458	S1A82458	EAV68931	S1A81939	EAV68937	EAV68937	EAV68924	EAV68926	EAV68926
MPH	S1A82542	EAV68935	EAV68935	EAV68934	EAV68931	S1A81939	S1A81939	EAV68937	EAV68924	EAV68926	EAV68926
	S1A82542	EAV68935	EAV68935	EAV68934	EAV68931	S1A81939	S1A81939	EAV68937	EAV68924	EAV68926	EAV68926
	S1A82542	EAV68935	EAV68935	EAV68934	EAV68931	S1A81939	S1A81939	EAV68937	EAV68924	EAV68926	EAV68926
	S1A82542	EAV68935	EAV68935	EAV68934	EAV68931	S1A81939	S1A81939	EAV68937	EAV68924	EAV68926	EAV68926
	S1A82542	EAV68935	EAV68935	EAV68934	EAV68931	S1A81939	S1A81939	EAV68937	EAV68936	EAV68936	EAV68926
	S1A82542	EAV68935	EAV68935	EAV68934	EAV68931	S1A81939	S1A81939	EAV68937	EAV68936	EAV68936	EAV68926
	S1A82542	EAV68935	EAV68935	EAV68934	EAV68931	S1A81939	S1A81939	EAV68937	EAV68936	EAV68936	EAV68926
	S1A82542	EAV68935	EAV68935	EAV68934	EAV68931	S1A81939	S1A81939	EAV68937	EAV68936	EAV68936	EAV68926
AD3	BBV15805SUR	S1A82668	S1A82668	EAV68938	EAV68931	S1B18677		EAV68932	EAV68936	EAV68936	EAV68926
	BBV15805SUR	S1A82668	S1A82668	EAV68938	EAV68931	S1B18677		EAV68932	EAV68936	EAV68936	EAV68926
	BBV15805SUR	S1A82668	S1A82668	EAV68938	EAV68931	S1B18677	S1B18677	EAV68932	EAV68936	EAV68936	EAV68926
	BBV15805SUR	S1A82668	S1A82668	EAV68938	EAV68931	S1B18677	S1B18677	EAV68932	EAV68936	EAV68936	EAV68926

ACCU

ESTANTERIA TALLER BOBINADOS	
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50
51	51
52	52
53	53
54	54
55	55
56	56
57	57
58	58
59	59
60	60
61	61
62	62
63	63
64	64
65	65
66	66
67	67
68	68
69	69
70	70
71	71
72	72
73	73
74	74
75	75
76	76
77	77
78	78
79	79
80	80
81	81
82	82
83	83
84	84
85	85
86	86
87	87
88	88
89	89
90	90
91	91
92	92
93	93
94	94
95	95
96	96
97	97
98	98
99	99
100	100

CUBETAS VACIAS

[illegible]

CSP

[illegible][illegible]

[illegible]

VALENCIA

| 2015

DOCUMENTO III: PLANOS

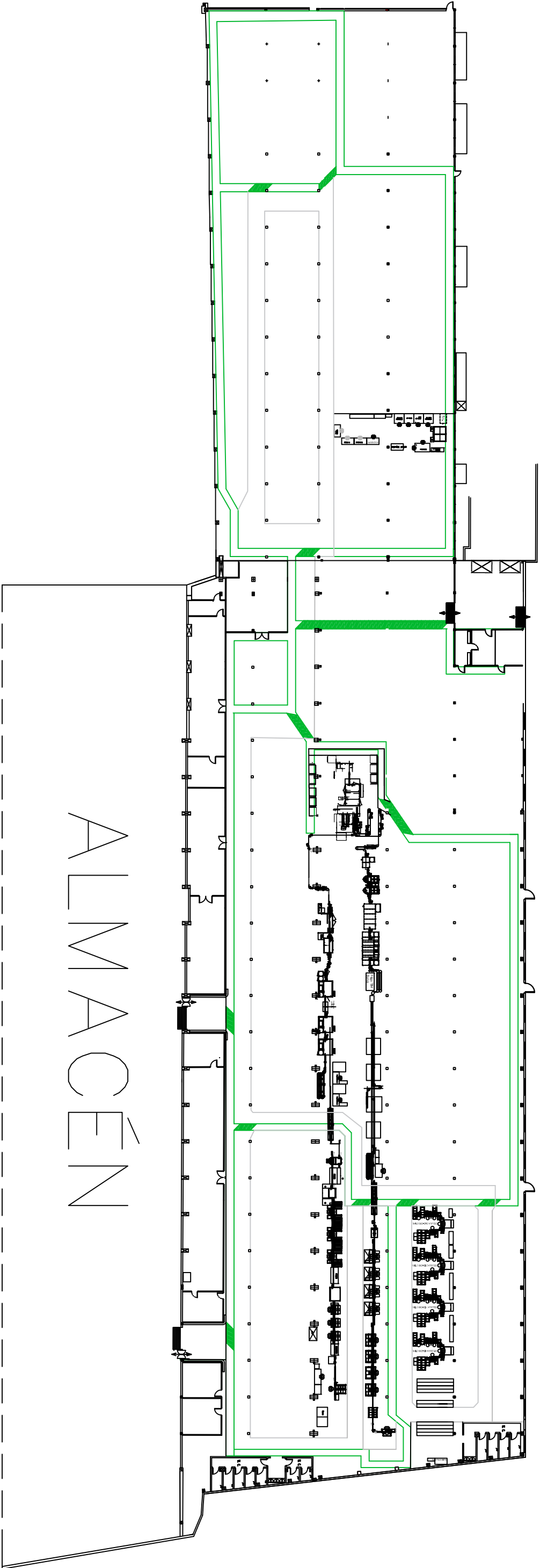
DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORAS DE PROCESOS PRODUCTIVOS Y LOGÍSTICOS EN UNA EMPRESA DE FABRICACIÓN DE MATERIAL ELÉCTRICO (SCHNEIDER ELECTRIC)

AUTOR:

ESTHER HERRANZ ROIG

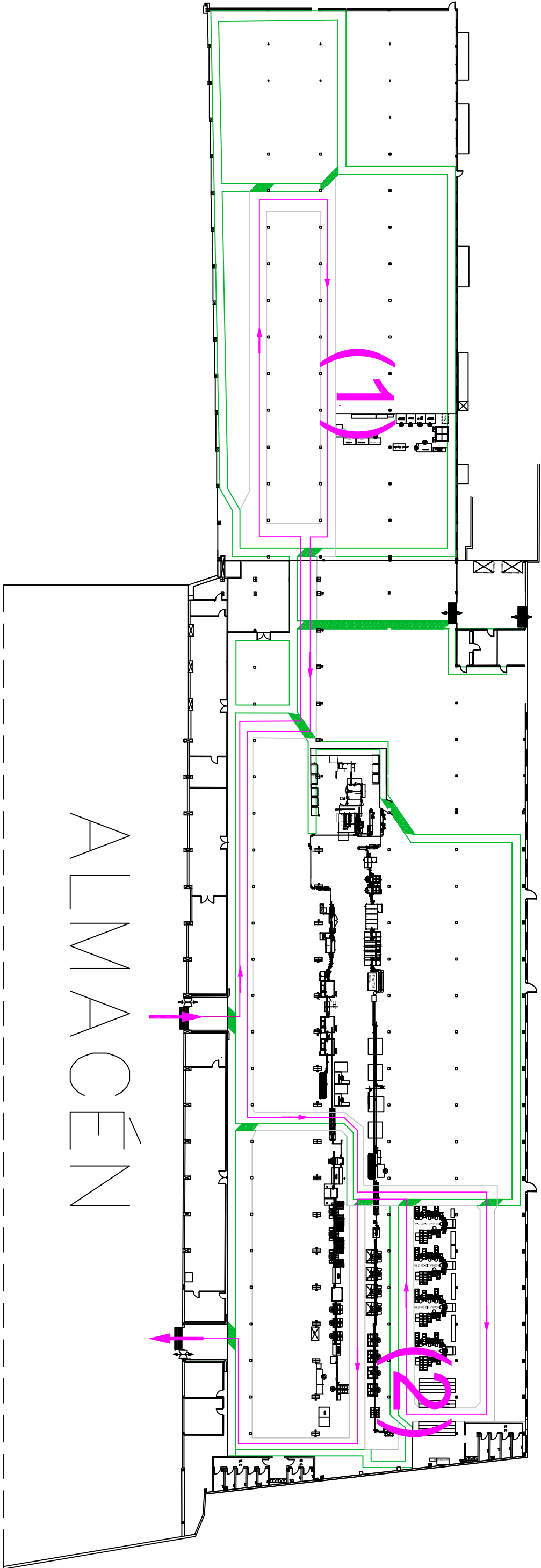
TUTOR:

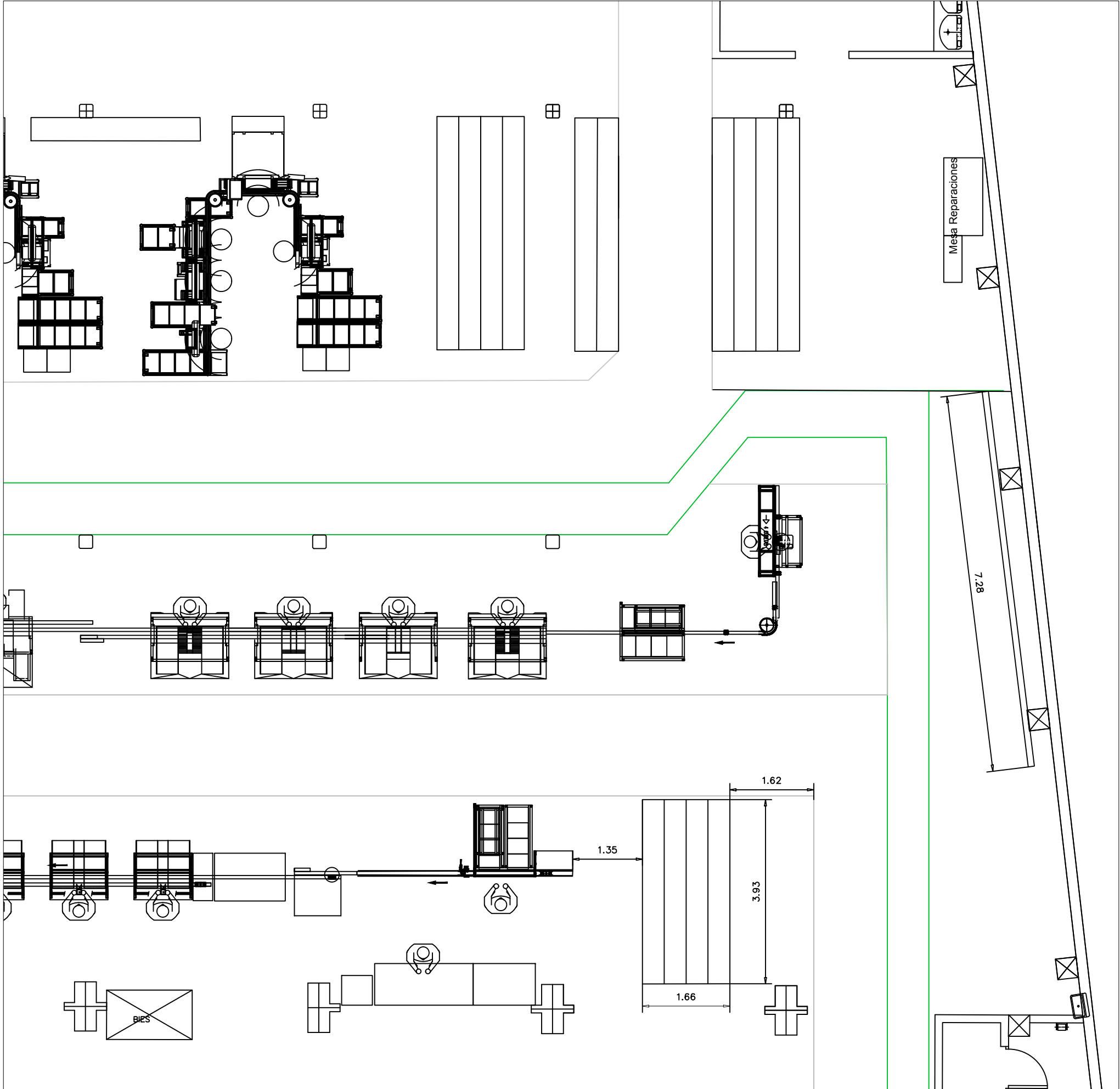
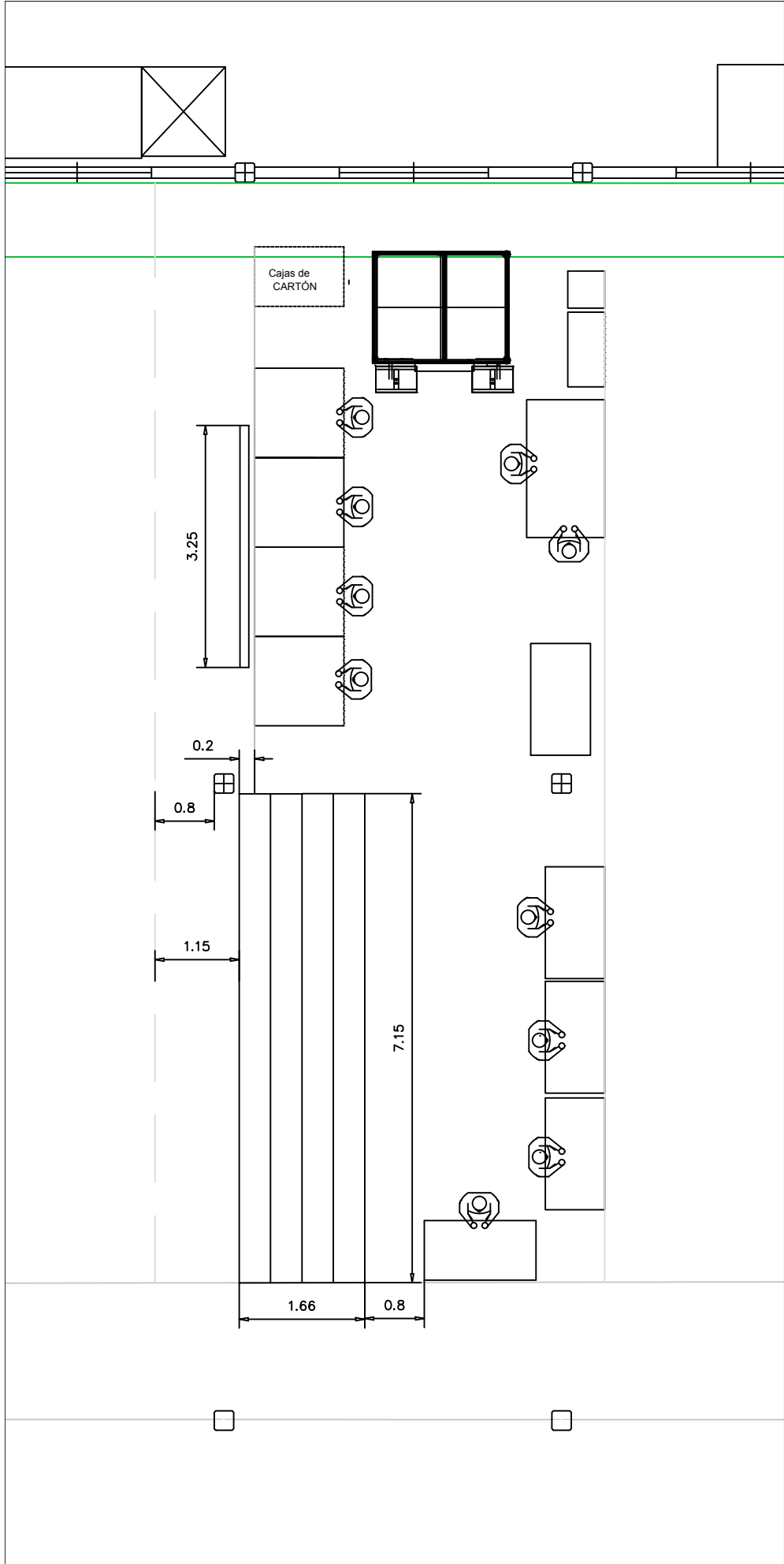
JULIO JUAN GARCIA SABATER



(1)ZONA
DESCARGA
BOBINADOS

(2)ZONA
DESCARGA
KITS





VALENCIA

| 2015

DOCUMENTO IV: PRESUPUESTO

DIAGNÓSTICO Y PROPUESTA DE MEJORAS DE PROCESOS PRODUCTIVOS Y LOGÍSTICOS EN UNA EMPRESA
DE FABRICACIÓN DE MATERIAL ELÉCTRICO (SCHNEIDER ELECTRIC)

AUTOR:

ESTHER HERRANZ ROIG

TUTOR:

JULIO JUAN GARCÍA SABATER

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1	INTRODUCCIÓN	1
2	SALARIO DEL TRABAJADOR.....	1
2.1	Ingeniero industrial	1
2.2	Programador informático.....	1
2.3	Becario.....	1
3	PRESUPUESTOS PARCIALES	2
3.1	Material estanterías	2
3.2	Material paneles.....	2
3.3	Etiquetas.....	3
3.4	Programación de las notificaciones	3
3.5	Cálculos	3
4	PRESUPUESTO TOTAL	4

1 INTRODUCCIÓN

En el presente documento se llevará a cabo el coste de la ejecución del proyecto. Para ello, se ha desglosado por capítulos detallados donde se redactan los presupuestos parciales y posteriormente el presupuesto total.

Para el cálculo del presupuesto se ha considerado únicamente lo que se ha necesitado para la realización e implantación del proyecto en cuestión, sin tener en cuenta los materiales ya existentes previos al proyecto, pero que aún así han sido utilizados durante este.

Cabe añadir, que bajo el presupuesto parcial de Trabajo, el apartado de supervisión directa incluye una aproximación de las horas realizadas por la persona del departamento de Métodos, supervisora de la realización correcta de los cálculos, así como las horas realizadas por la persona del departamento de Riesgos que con su aprobación dio continuidad al proyecto. Estos se han decidido agrupar bajo el título supervisión directa al ser muy difícil medir el tiempo exacto de dedicación al proyecto en cuestión.

En el presupuesto no se ha incluido el tiempo empleado por la Dirección y la personas de los departamentos de Gestión y de Costes, por no implicación directa y no poder acceder a su información salarial.

2 SALARIO DEL TRABAJADOR

2.1 INGENIERO INDUSTRIAL

- Horas trabajadas al año = $[52 \text{ semanas/año} - (4 \text{ semanas de vacaciones/año} + 2 \text{ semanas días festivos/año})] * 40 \text{ horas/semana} = 1.840 \text{ horas/año}$.
- Salario Bruto Anual = 30.000,00 euros/año.
- Precio de hora trabajada = $30.000,00 / 1.840 = 16,30 \text{ euros/hora}$.

2.2 PROGRAMADOR INFORMÁTICO

- Horas trabajadas al año = $[52 \text{ semanas/año} - (4 \text{ semanas de vacaciones/año} + 2 \text{ semanas días festivos/año})] * 40 \text{ horas/semana} = 1.840 \text{ horas/año}$.
- Salario Bruto Anual = 24.000,00 euros/año.
- Precio de hora trabajada = $24.000,00 / 1.840 = 13,05 \text{ euros/hora}$.

2.3 BECARIO

- Horas trabajadas al día = 6 horas/día.
- Horas trabajadas al mes = 120 horas/mes
- Salario Mensual Bruto = 600 euros/mes.
- Precio de hora trabajada = $600,00 / 120 = 5,00 \text{ euros/hora}$.

3 PRESUPUESTOS PARCIALES

3.1 MATERIAL ESTANTERÍAS

Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Estantería dinámica 3.93x1.66x1.95 6 niveles incluidos minicarriles+ montaje	1	3.528,00	3.528,00
Estantería dinámica 7.15x1.66x1.95 6 niveles incluidos minicarriles + montaje	1	6.233,00	6.233,00
Unidades de tarjetero para estanterías	310	1,20	372,00
Cubetas 400x300x170mm + tapa	600	18,50	11.100,00
Gancho fijación para tarjeta	600	0,26	156,00
TOTAL MATERIAL ESTANTERÍAS.....			21.389,00 €

3.2 MATERIAL PANELES

Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Panel Kanban móvil 728x110 + montaje	1	86,50	86,50
Panel Kanban móvil 325x110 incluye tarjeteros + montaje	1	59,50	59,50
Pack 100 tarjeteros verdes + fijaciones	4	26,00	104,00
Pack 100 tarjeteros amarillos + fijaciones	5	26,00	130,00
Pack 100 tarjeteros rojos + fijaciones	3	26,00	78,00
Encabezados de plástico para tarjeteros	1000	0,15	150,00
TOTAL MATERIAL PANELES.....			608,00 €

3.3 ETIQUETAS

Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Plastificación etiquetas	1112	0,20	222,40
TOTAL ETIQUETAS.....			222,40 €

3.4 PROGRAMACIÓN DE LAS NOTIFICACIONES

Material para pistolas

Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
Pistola con receptor wifi	2	180,00	360,00
Licencia	1	100,00	100,00

TOTAL MATERIAL PARA PISTOLAS..... 460,00 €

Implantación informática

Descripción	Cantidad	Precio (€/h)	Importe (€)
Programador informático	8 h	13,05	104,40

TOTAL IMPLANTACIÓN INFORMÁTICA..... 104,40 €

TOTAL PROGRAMACIÓN DE LAS NOTIFICACIONES..... 564,40 €

3.5 TRABAJO

Realización de cálculos

Descripción	Cantidad	Precio (€/h)	Importe (€)
Becario	150 h	5	750,00

TOTAL REALIZACIÓN DE CÁLCULOS..... 750,00 €

Supervisión directa

Descripción	Cantidad	Precio (€/h)	Importe (€)
Ingeniero Industrial	40 h	16,30	652,00

TOTAL SUPERVISIÓN DIRECTA..... 652,00 €

TOTAL CÁLCULOS..... 1402,00 €

4 PRESUPUESTO TOTAL

Descripción	Coste parcial (€)	I.V.A 21% (€)	Total (€)
Material estantería	21.389,00	4491,69	25.880,69
Material paneles	608,00	127,68	735,68
Etiquetas	222,40	46,704	269,10
Programación de las notificaciones	564,40	118,52	682,92
Cálculos	1402,00	294,42	1696,42

PRESUPUESTO TOTAL..... 29.264,81 €

Por tanto el montante total del presupuesto asciende a: **“Veintinueve mil doscientos sesenta y cuatro euros con ochenta y un céntimos”**.